experimentación, investigación
y propuestas para uso
de energía térmica residual

lado A



pontificia universidad católica de chile
facultad de arquitectura, diseño y estudios urbanos
escuela de diseño

experimentación, investigación y propuestas para uso de energía térmica residual

por

juan pablo fassi muzio

memoria de proyecto de título presentada a la escuela de diseño de la pontificia universidad católica de chile, para optar al título profesional de diseñador

profesor guía

mario antonio ubilla sanz

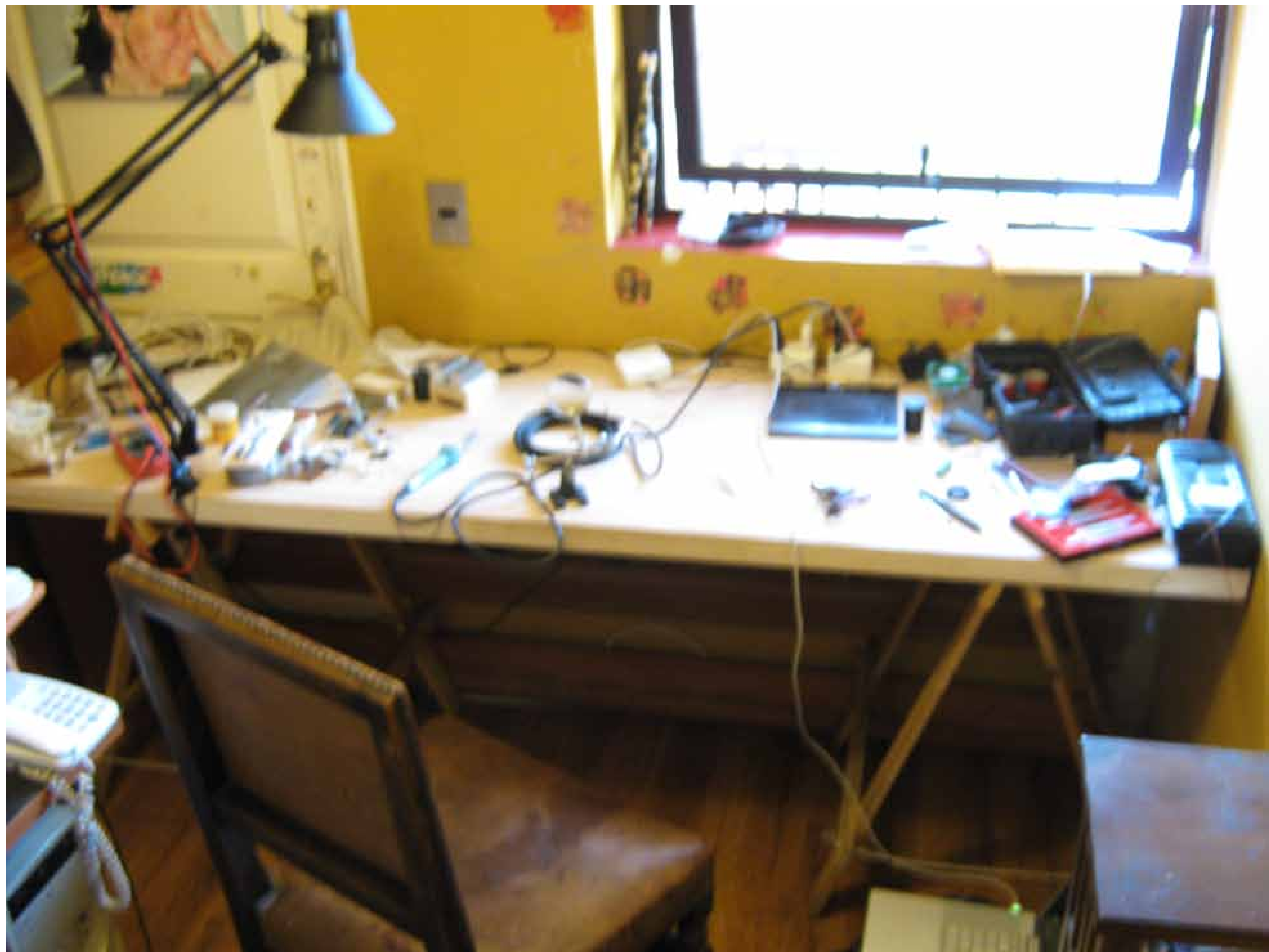
comisión

maría de la paz cox yrarrazaval
patricia karina manns gantz
mario antonio ubilla sanz

septiembre 2010
santiago, chile

el uso parcial de mayúsculas es intencional

prologo



prologo

este proceso de trabajo me permitió aunar varias inquietudes, sobre el medio ambienta, la tecnología, el poder adquirir nuevos conocimientos y perfeccionar la técnica, pero teniendo claro que no va a dar a satisfacer a ninguna de ellas, fue solo una puerta de entrada para mi, y espero que esta memoria lo sea o sirva ello a algunos más, que al final del día es lo que importa.

índice

índice lado A

índice lado B

marco lógico



¿qué?

investigación experimental sobre tecnologías para recuperación de energía térmica residual y generación propuestas de uso.

¿porqué?

por las inquietudes que nacen frente a problemas medioambientales directamente relacionados con el uso eficiente de la energía.

¿para qué?

para generar y adquirir conocimientos sobre tecnologías no comunes y posibilidades de uso de éstas en la recuperación.

¿cómo?

a través de un proceso experimentación orientada hacia el uso de la tecnología de las placas termogeneradores en un entorno doméstico, dónde se puedan establecer luces sobre las características de éstas y las de los posibles emplazamientos de donde podrían desenvolverse.

objetivos generales

una de las principales motivaciones e intenciones con las que se constituyó este trabajo fue el poder abocarse sobre una problemática de relevancia, el calentamiento global.

se entiende por otra parte que no es la intensión de este proyecto, la de pretender dar solución a temas de tan globales y de tan alto grado de complejidad, mas sí, el que los esfuerzos que se canalicen a través de esta obra vayan en tal dirección, generando y adquiriendo conocimientos que ojalá, y en medida de lo posible sirva para el desarrollo de más proyectos de esta línea.

objetivos específi-cos

lograr un mejor aprovechamiento de la energía, al tomar la energía térmica producida por otros procesos, y permitir reutilizarla al transformarla en una forma de energías más dúctil, electricidad.

generar y adquirir conocimientos y herramientas en y para el uso de este tipo de tecnología.

crear algunas propuestas de uso que sean los más ampliamente posible responsables con el medio ambiente, velando tato por la función a desempeñar, la forma de uso y por los materiales y su configuración a utilizar.

tecnología

tecnología

una de las formas para hacer frente a tal problema es el de aumentar la eficiencia energética, y una de las formas para lograr esto es tomando alguna forma de energía que no se esté aprovechando y transformarla a una más conveniente.

como se puede apreciar, generar calor y las fuentes de energía térmica son las situaciones más presentes, es más, en muchas circunstancias se genera calor de forma involuntaria e innecesaria, cómo sucede con las ampolletas, en especial aquellas de tungsteno, que sólo son capaces de transformar menos de un 5% de la energía consumida en luz, disipando la mayor parte en forma de calor[1].

existen dos tecnologías que permiten usar el calor directamente y transformarlo, una en energía cinética, movimiento, y la segunda en energía eléctrica; la primera son los motores stirling, a veces conocidos como motores térmicos, que trabajan directamente con un diferencial de temperatura y la segunda tecnología son los termogeneradores, que trabajan sobre el principio de seebeck.

1. Wikipedia, Incandescent light bulb, http://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb.

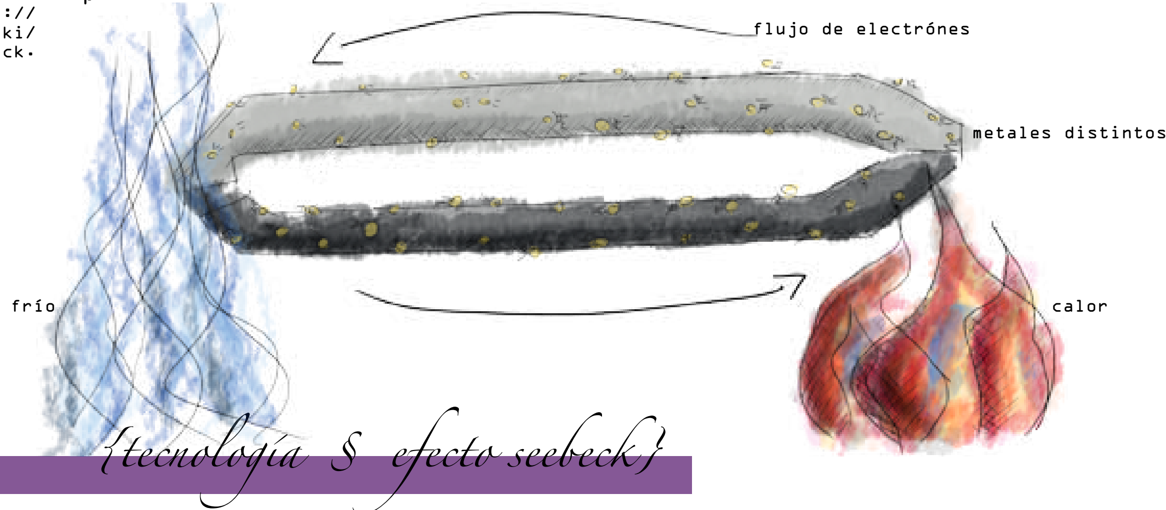
efecto seebeck

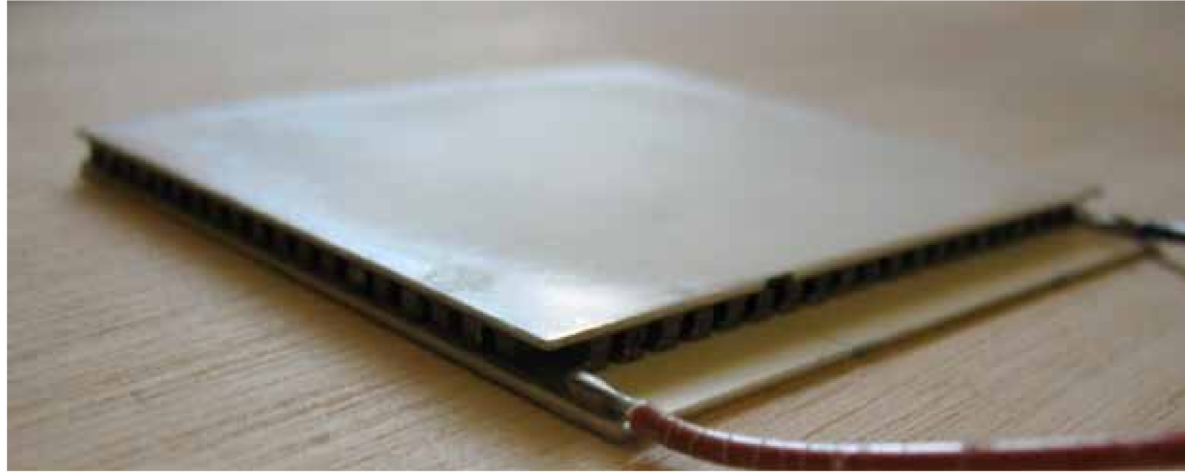
thomas johann seebeck, físico nacido en tallin, estonia, descubrió en 1821 que si un circuito compuesto por dos metales distintos, una de las uniones era sometida a una fuente de calor y la otra unión al frío, se producía en una variación del campo magnético. lo que pudo observar al ver como se afectaba la aguja de una brújula. prontamente se dio cuenta de que la variación del campo magnético se debía a por el circuito sometido a un diferencial de temperatura estaba circulando electricidad, la cual inducía un campo magnético; este fenómeno es más conocido como efecto peltier-seebeck[2].

a groso modo, lo que sucede es que cada metal tiene distintas capacidades de ceder electrones, las cuales, además, varían en relación con la temperatura en la que se encuentren, pero no de igual grado para cada uno, por lo que al someter una unión bimetálica a un gradiente de temperatura se produce un flujo de electrones, o una corriente eléctrica.

los principales usos que se le ha dado a este efecto son en la forma de termopares, y los termogeneradores (abreviados en inglés como TEG).

2. Wikipedia, Thomas Johann Seebeck, http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Johann_Seebeck.





palca termogeneradora

termopares

dispositivos utilizados para medir temperatura, ya que convierten un diferencial de temperatura en energía eléctrica de forma proporcional (efecto seebeck), la cual se puede medir fácilmente. se utilizan principalmente para medir temperaturas en procesos industriales, como hornos para cerámica, metales, entre otros, dado que pueden sensar un gran rango de temperaturas, mas su capacidad de generar electricidad es muy baja como para usarlos como fuente de alimentación[3].

termogene-radores

son piezas desarrolladas con foco en la producción de electricidad, y a diferencia de los termopares, estos se construyen en la actualidad con materiales semiconductores en vez de un conjunto bimetálico, telurio bismuto, lo cual ha permitido aumentar ostensiblemente su rendimiento, pero reduciendo el

3. Wikipedia, Termopar, http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar.

espectro de temperaturas a las que pueden ser expuesto[4] [5], aún así su nivel de eficiencia difícilmente supera el 10%.

en general el uso de TEGs, se da en situaciones donde se debe privilegiar más allá de la eficiencia, su capacidad de uso sin mantención por prolongados períodos, los espacios reducidos, y/o dónde no se pueda disponer de otra fuente de energía que no sea el calor; es así que se han utilizado para alimentar sondas espaciales viajan muy lejos de sol, dónde los paneles fotovoltaicos ya no sirven, tomando el calor que produce una pila atómica, otro uso similar ha sido para mantener faros en zonas muy distantes[6].

motor Stirling

el motor stirling fue inventado por el reverendo escocés robert stirling en 1816, quien buscaba una alternativa más segura a los motores a vapor.

el ciclo termodinámico stirling, es uno de los más eficientes conocidos y se acerca al del ciclo de carnot, que es el ciclo teórico de máxima eficiencia al cual un motor térmico puede aspirar. algunos experimentos con modelos pequeños han llegado a cerca de un 20% de eficiencia[7]

este motor funciona en un ciclo cerrado, en donde un gas es calentado y posteriormente enfriado, lo que causa su expansión y compresión respectivamente, este aumento y disminución del volumen del gas permite mover a un pistón, el cual a su vez hace que el gas pase desde el lado caliente al lado frío, generándose así un ciclo permite transformar una fuente de calor en

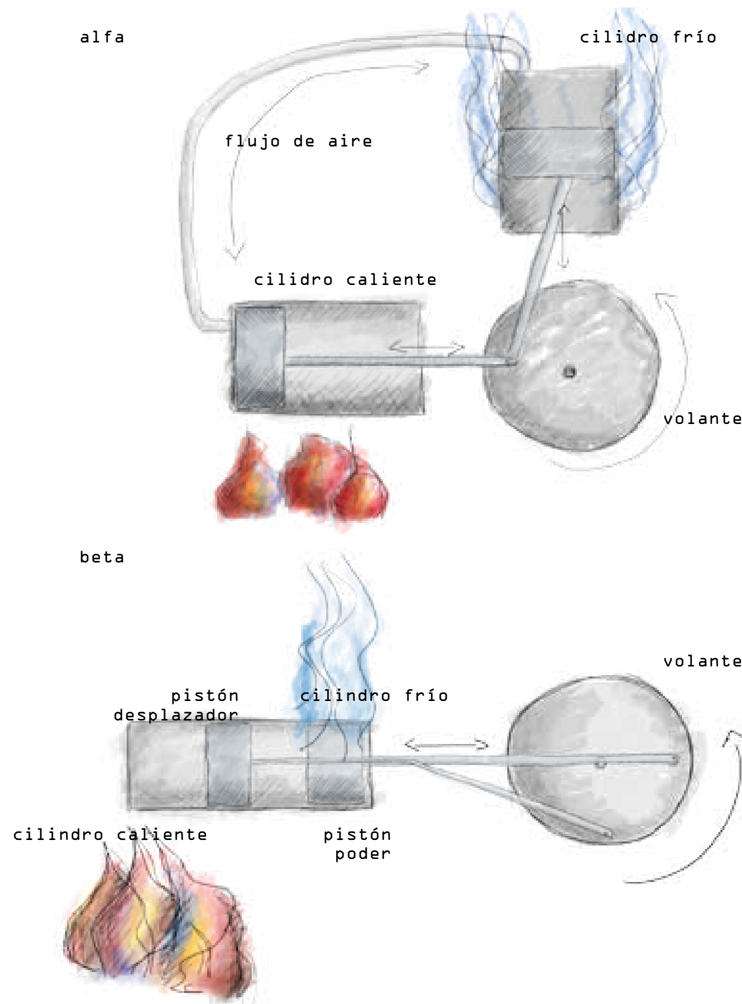
4. Wikipedia, Termopar, http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar.

5. Tellurex, Power Generation Products, http://www.tellurex.com/products/power.php.

6. Wikipedia, Radioisotope thermoelectric generator, http://en.wikipedia.org/wiki/Radioisotope_thermoelectric_generator.

7. WADE (World Alliance for Decentralized Energy), Stirling Engines, http://www.localpower.org/deb_tech_se.html.

trabajo mecánico. al ser un ciclo cerrado permite que el calor provenga de diversas fuentes no vinculadas directamente con el motor en sí.



configura-ciones

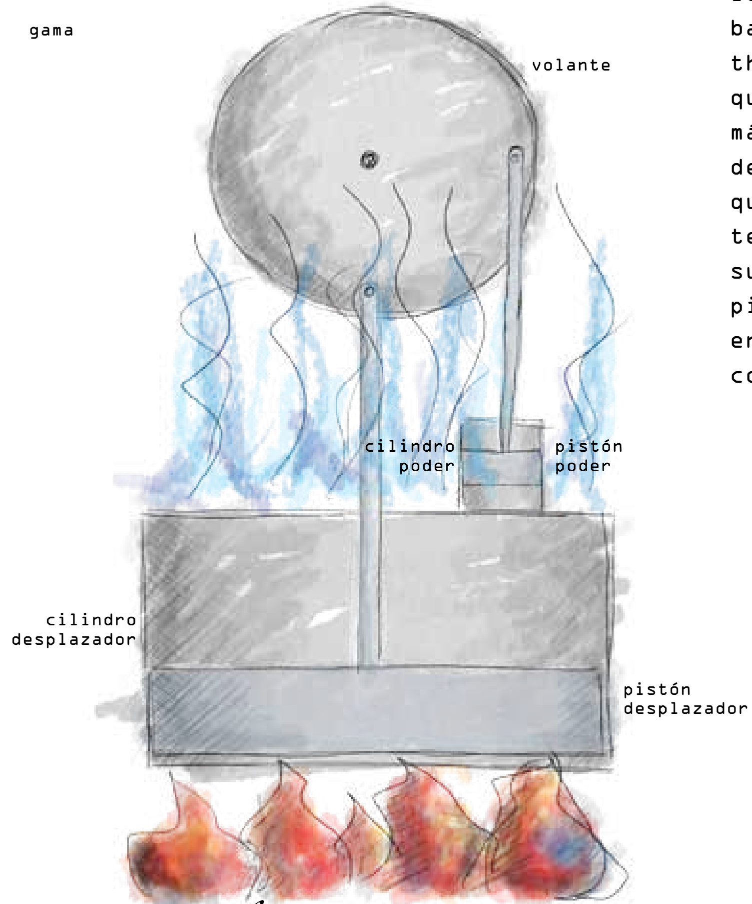
los motores stirling se conocen principalmente en tres configuraciones, alfa, beta y gama.

alfa: motor con dos cilindros de poder orientados perpendicularmente uno de otro, uno de ellos está en la parte fría y el otro en la caliente. los pistones de ambos cilindros se encuentra comunicados para que el gas pase de uno al otro. los pistones de los cilindros se conectan entre sí a través de un volante, el cual es el encargado de acumular la energía cinética.

beta: este motor cuenta con un único cilindro, el cual en uno de sus extremos se somete al calor y el otro al frío. en el interior del cilindro se encuentran dos pistones, concéntricos; uno es el pistón de poder, encargado de hacer el esfuerzo mecánico, y el otro es un desplazador, cuya función es la de hacer pasar al gas de la parte caliente a la parte fría

del cilindro. ambos pistones están conectados a un volante que se ubica afuera del cilindro, con un desplazamiento de 90º entre cada uno.

gama: este modelo funciona con dos cilindros, uno aloja a un pistón de poder y el otro al desplazador; los cilindros se encuentran conectados para el desplazamiento del gas. muchas veces en esta configuración se encuentra el cilindro que contiene al pistón de poder montado en la parte superior del cilindro del desplazador. esta configuración es la preferida en la mayoría de los modelos que trabajan con un bajo diferencial térmico (LTD, low thermal difference), porque permite que el pistón de poder sea muchos más pequeño en relación con el de desplazamiento, lo que permite que con una pequeña gradiente de temperatura el gas se expanda lo suficiente para impulsar al pequeño pistón de poder. ambos pistones se encuentran conectados a un volante con un desfase de 90º.



usos

los motores stirling fueron desde sus inicios orientados a reemplazar a los motores a vapor en las fabricas y grandes empresas, nunca fueron pensados para su uso en el transporte, como las locomotoras impulsadas a vapor, ya que si bien lograban funcionar con niveles de eficiencia suficientes, éstos, en comparación, son más pesados, teniendo una peor relación peso potencia. por otro lado son motores más complicados y requieran mayor mantención y cuidado, quedando relegados frente a los motores de vapor en su época[8]; la posterior aparición del motor diesel en el XIX siglo terminó con ambos motores prácticamente.

con este panorama adverso, de todas formas el motor stirling siempre a causado interés entre científicos y entusiastas de la mecánica, por lo brillante de su principio, que lo hace ser mucho más eficiente que sus alternativas y, además la independencia de la fuente de alimentación, siempre que sea térmica, ha permitido que se hayan desarrollado para algunos usos específicos.

algunas implementaciones van desde submarinos, como el caso de los clase gotland suecos, y los clase soryu japoneses, que les permite operar más tiempo bajo el agua que sus pares[9]. desarrollos experimentales de la NASA con combustible nuclear, pensado para proveer energía a satélites y misiones espaciales en órbitas lejanas del sol, donde los paneles fotovoltaicos se vuelven inoperativos[10]. modelos impulsados por el calor de los rayos del sol están siendo probados en helióstatos en la plataforma solar de almería (PSA), españa (Distal y EuroDISH)[11]. también se han hecho muchos modelos con fines educacionales, que sólo sirven para demostrar el principio, como el motor solaris de exergia[12].

8. Wikipedia, Stirling engine, http://en.wikipedia.org/wiki/Stirling_engine.

9. Wikipedia, Gotland class submarine, http://en.wikipedia.org/wiki/Gotland_class_submarine.

10. Wikipedia, Stirling radioisotope generator, http://en.wikipedia.org/wiki/Stirling_Radioisotope_Generator.

11. Wikipedia, Motor Stirling, http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_Stirling.

12. Exergia, Solaris Solar Stirling Engine. Instruction Manual.

elección de tecno-logía

para poder elegir la tecnología que se iba a investigar y utilizar, era necesario introducirse en el tema de forma práctica, así que en una primera instancia se escogió ir por el uso de motores stirling, ya que ofrecían una mayor eficiencia, lo cual permite un mejor uso de la energía, que es uno de los principales objetivos.



modelo de prueba motor stirling

prue-bas motor stirling

había que comenzar con un modelo que fuera sencillo de realizar, y no requiriera grandes inversiones de tiempo, dinero y esfuerzo ya que su único objetivo era el de ofrecer un primer contacto con la tecnología.

se escogió una configuración gama de motor; esta tipología de motor está pensada para funcionar con bajos niveles de diferencial térmico, y ya que se está pensando en un desarrollo para ambiente doméstico, dónde se recupere calor desperdiciado, no nos encontrábamos con grandes fuentes calóricas como si sucede en procesos industriales, por un lado, y por otra, este motor mecánicamente es menos complejo de implementar que los beta, configuración donde ambos pistones, el de poder y el desplazador se encuentran alineados en un mismo cilindro; lo que obliga a tener piezas más complejas, como



ejes concéntricos, todo esto bajo un ambiente mayormente hermético.

se realizaron una serie de prototipos, 3 para ser exactos, los cuales fueron modificados a medida que no se lograban los objetivos; en este proceso se logró después de 2 meses de continuos intentos, se logró hacer funcionar promisoriamente un motor por cerca de 20 segundos, tiempo después, colapsaron algunas piezas por el calor al que había sido sometido para que funcionase.

pruebas teg

dado los resultados obtenidos con los motores stirlign, había que probar la factibilidad de trabajar con termogeneradores, estos tiene la ventaja es que se pueden encontrar comercialmente, y en distintas medidas, de diversos proveedores, aún así no son una tecnología que se distribuya de forma masiva.

una vez en poder de una placa termogeneradora, se realizaron unas primeras pruebas, muy precarias por lo demás, tan sólo para constatar su funcionamiento. esta prueba constó en poner la placa sobre un hervidor eléctrico y medir si producía corriente al ser expuesto al vapor del agua.

de esta experiencia se obtuvo que, si bien la placa al ser sometida a un diferencial de temperatura produce electricidad, hace falta complementarla con un circuito que la transforme a un nivel que sea utilizable, ya que la energía que genera no es constante, el

voltaje varía constantemente a medida que cambia la gradiente de temperaturas, además si el calor al cual se expone el TEG no es bajo, el voltaje puede estar fuera del rango que quisiésemos usar, y si el diferencial térmico es muy alto, podemos generar más corriente de la necesaria. además se aprendió que el disipador, que es el encargado de mantener uno de los lados más frío, es de suma importancia que esté bien dimensionado, de lo contrario sucede que la cara se calienta demasiado, disminuyéndose el diferencial térmico y por ende produciéndose mucho menos electricidad.

comparati-va

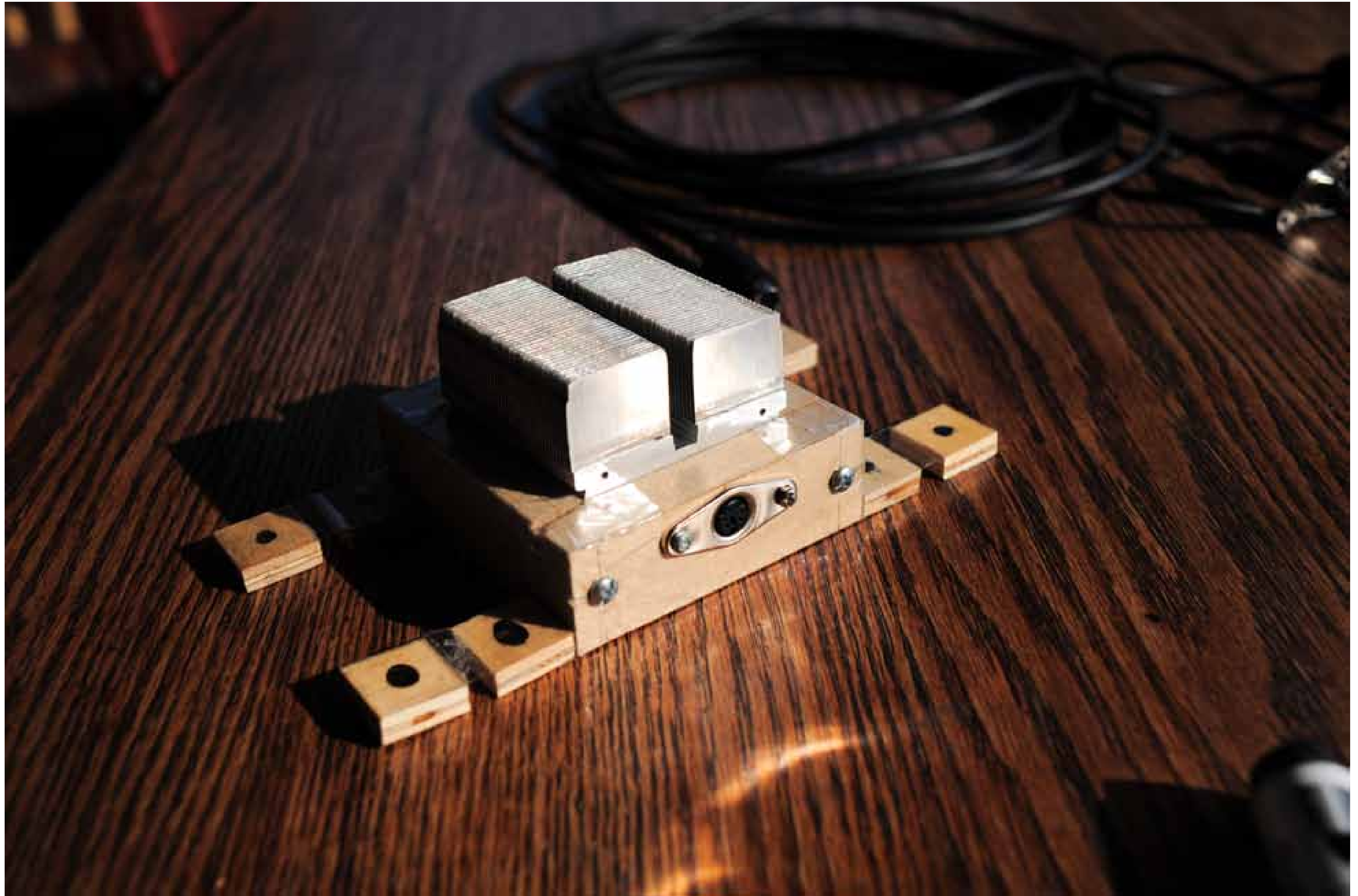
stirling

+ mayor eficiencia
+ su principio es más fácil de comprender
- alto grado de complejidad
- voluminoso y masivo
- menor desarrollo comercial
- muy específicos y poco versátiles
+ gran comunidad de entusiastas
- altos costos
- pueden requerir menos mantención que un motor convencional pero requieren mantención
= son más idóneos para aplicaciones específicas, en situaciones estáticas y donde se justifique hacer una gran inversión para su desarrollo, como en industrias.

termopares

- menor eficiencia
- funcionan bajo un principio más obscuro
+ más simples de implementar
+ pequeños y livianos
+ existen proveedores en el comercio
+ ubicuos y versátiles
- menor cantidad de entusiastas
+ costos reducidos
+ libres casi de mantención
= se prestan para desarrollos donde prime la versatilidad y la movilidad sobre la eficiencia, de menor costo de desarrollo y fácil acceso a las piezas ya desarrolladas, pueden desempeñarse bien en trabajos de pequeña escala y/o modulares.

herramientas



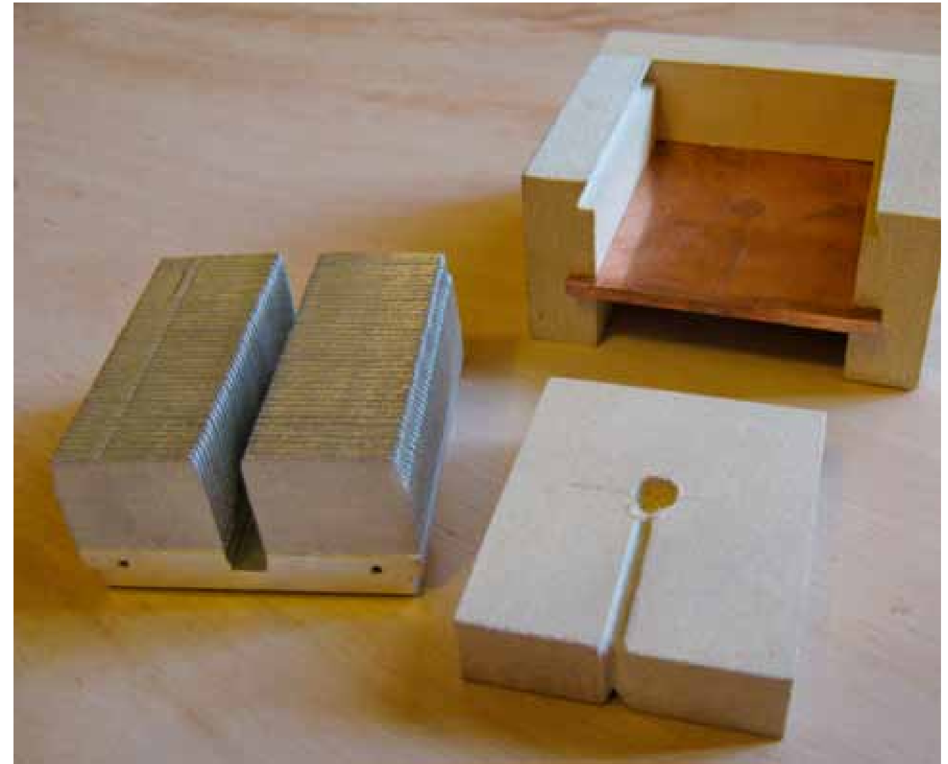
medidor de temperatura

medidor de temperatura

para hacer frente a los requerimientos de la propuesta del cargador de celular[13] era necesario hacer un catastro de las temperaturas que generaban electrodomésticos en las casas y la temperatura del aire circundante de ellos.

la herramienta que se desarrolló tenía como requisitos el tomar muestras simultaneas de 2 temperaturas, la primera sobre la superficie del electrodoméstico, y la otra, sobre el aire adyacente, pero evitando un traspaso de temperatura significativo por medio del mismo dispositivo, y así acercarse al máximo diferencial de temperatura que se presentase en tal circunstancia.

la herramienta constaba de dos componente principales, un medidor, el que se adosaría al aparato a

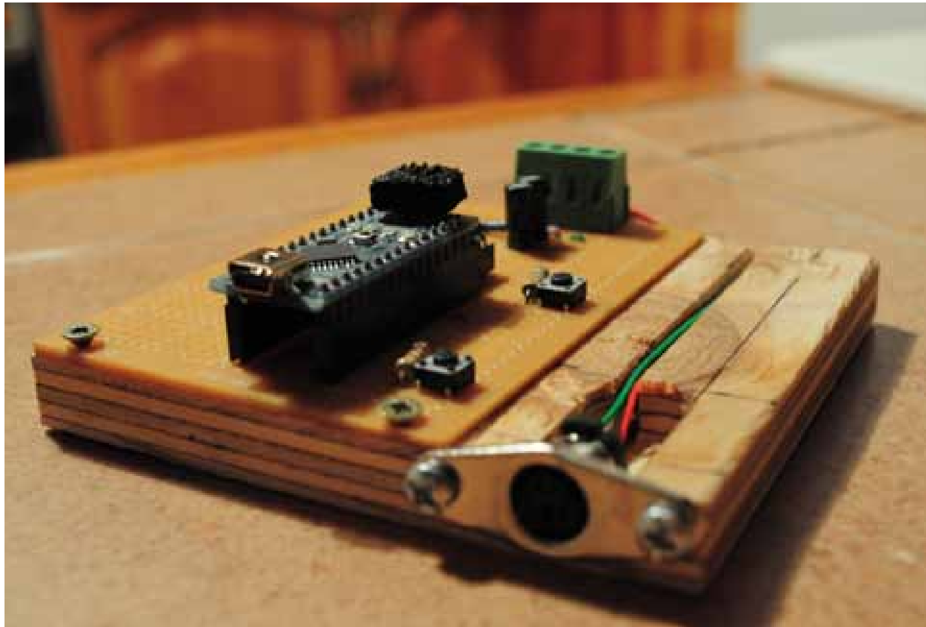


partes medidor de temperatura

sensar, y de forma separada, una pieza de control y almacenamiento, con los circuitos y microcontrolador que guardan los datos.

el medidor constaba de un sensor adosado una cara plana de cobre, con la cual capta por conducción el

13. véase cargador de celulares pág B042



control y almacenamiento

calor emanado por el aparato a medir, teniendo por el otro lado un segundo sensor adyacente a un disipador, el que tomaría la temperatura ambiente.

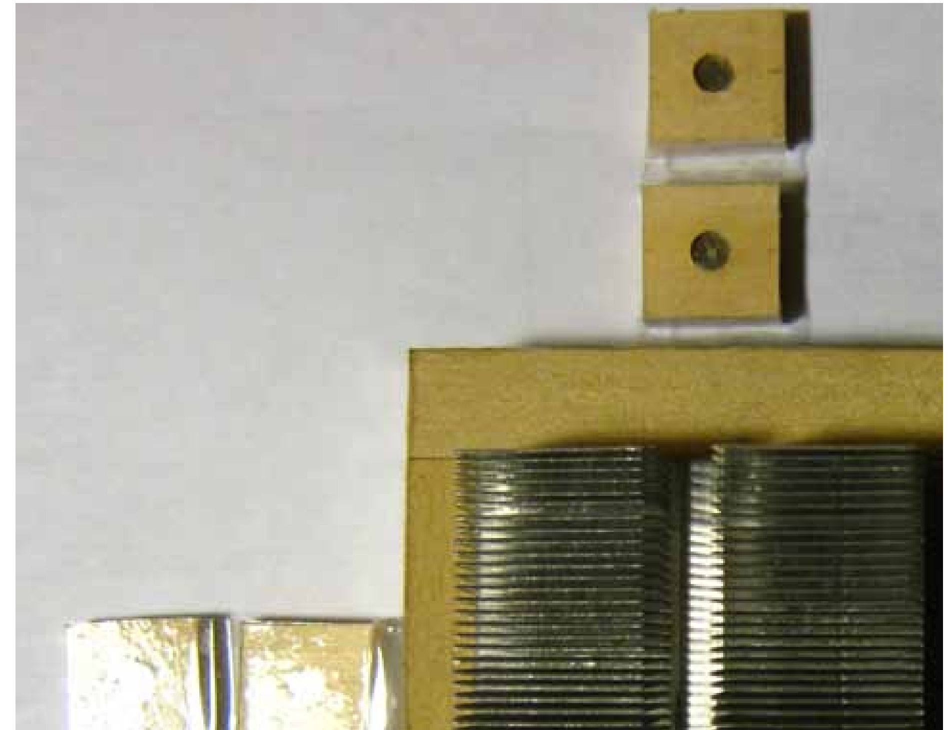
los sensores son dos LM35, por que ofrecen una forma fácil y precisa de medir la temperatura, comparada con los termistores, y dentro del rango que se esperaba podía aparecer en los aparatos domésticos, a diferencia de los LM335[14].

14. véase sensores pág B029

15. véase microcontroladores pág B030

la parte de control y almacenamiento recibe las señales de los sensores y almacena un registro por minuto para cada sensor, durante un tiempo preestablecido.

las señales antes de entrar al microcontrolador arduino[15], pasan por un circuito RC para limpiarlas; una vez ingresadas al microcontrolador éste las convierte de valores análogos a digitales; para aumentar



anclajes magnéticos, segunda versión

la precisión de los registros, se promedian 8 muestras cada minuto para cada sensor, para que éstos valores sean almacenados en una memoria ROM.

el poder almacenar los datos en una pequeña memoria permiten hacer mediciones sin tener conectado el sistema a un computador, necesitándose sólo un pequeño transformador para alimentar a este dispositivo, y una vez terminada la medición se pueden rescatar los datos hacia desde un computador.

para montar el medidor en los aparatos a sensar, se utilizó unos fijaciones magnéticas móviles, imanes de neodimio encajados en unas piezas de madera articuladas, que son lo suficientemente poderosos para mantener en posición a la herramienta, y suficientemente maleables para adaptarse a la gran mayoría de las geometrías de los aparatos medidos.

maquetas celulares

teniendo en mente realizar un cargador lo más universal posible, y pensando en emplazarlo en la pared de los refrigeradores, se vio que la respuesta más acertada era el hacer que el cargador en sí, no confundir con el generador, contuviese al celular, además de alojar a los circuitos y las baterías del cargador mismo[16].

16. véase cargador de celulares pág B042



maquetas celulares

así que antes de empezar a determinar las formas que podría tener el cargador/cuna, había que determinar cuales serían las geometrías del celular a contener. para esto se consultó a las tres operadores de telefonía móvil local sobre cuales eran las tendencias en equipos celulares, para tener un suerte de tipología de equipos más vendidos y con mayores proyecciones; como resultado dio que los más apetecidos por amplio margen, son los equipos touch, y si bien, en algunos casos, por razones de costos no eran los vendidos, la directriz general apunta a una tipología de celular del tipo del iphone.

teniendo estos datos, se realizaron maquetas en cartón de los 11 equipos que más se venden y/o de los que generan mayores expectaciones, según lo indicado por los vendedores de equipos de telefonía móvil; para así tener una relación volumétrica al momento de empezar a proyectar el cargador/cuna, además de cotejar el tamaño y la geometría permitió ver que la ubicación de la toma de corriente en cada equipo varía ostensiblemente.

soporte para réplica de temperaturas

era importante el poder replicar las temperatura obtenidas de las mediciones de los aparatos domésticos[17] para probar la capacidad del TEG en las condiciones que sometería en la realidad. teniendo como objetivo el poder controlar la temperatura, tanto de la cara caliente, como de la fría del TEG, se optó por usar dos volúmenes de agua, por que son más fáciles para controlar la temperatura y tienen cierta estabilidad por la inercia térmica del líquido; y entre ellos ubicar la placa termogeneradora.

se realizaron dos versiones de esta herramienta, la primera fue

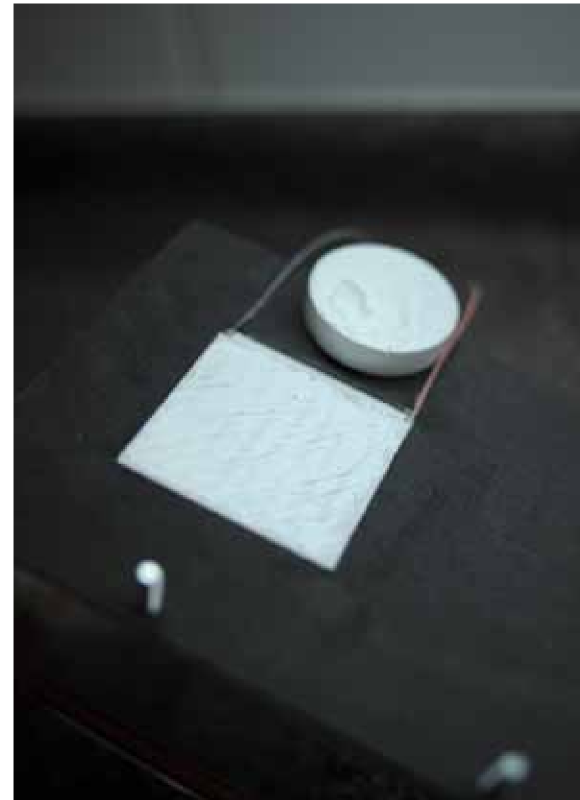
17. véase mediciones t° aparatos domésticos pág A045

rápidamente descartada porque la precariedad de su construcción no permitía realizar las mediciones de generación de electricidad de la placa TEG de forma correcta; este primer intento sólo sirvió para dimensionar cuan importante es que la superficie de contacto con el termogenerador sea lo más plano posible.

la segunda versión del soporte subsanó la imprecisión del primero en gran medida, para lograr esto se empleó pletinas de aluminio de 3mm, que se mandaron a doblar, formando ángulos de 90°, sobre las que se montó paredes de vidrio para contener al agua. entre los 2 receptáculos se fijó la placa termogeneradora, la que mantiene en posición por la

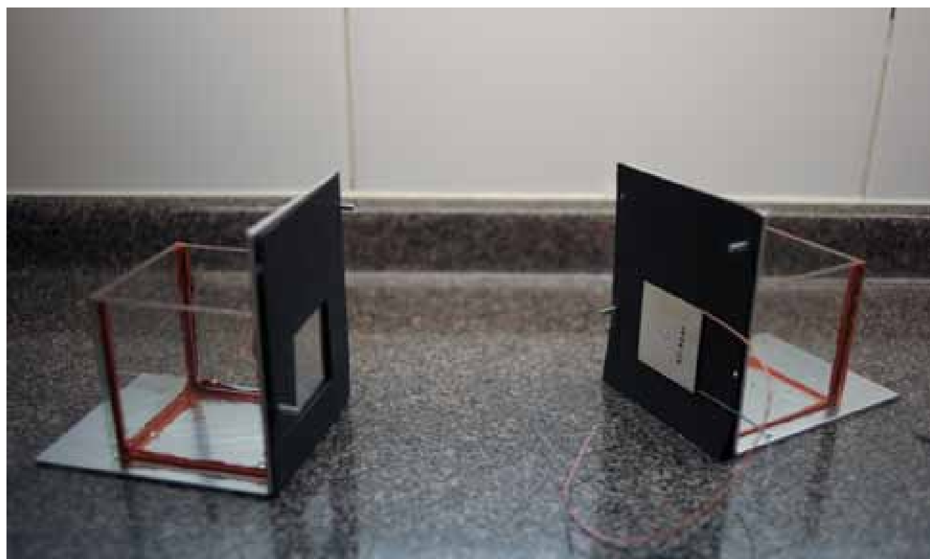


imperfección soporte, primera versión



montaje TEG en soporte, segunda versión

presión entre las caras de aluminio, regulada por tornillos. inicialmente se rodeó la placa TEG con una goma, para disminuir el calor que pudiese traspasar de un volumen de agua a otro por fuera de la placa termogeneradora, lo que disminuiría la capacidad de la placa, ya que la electricidad proviene del esfuerzo del traspaso de temperatura entre las cara del placa en sí; pero al final de cuentas esta superficie aislante entorpeció el montaje, y no permitía un correcto funcionamiento del soporte, por lo que se descartó.


segunda versión del soporte para réplica de temperatura

soporte para pruebas con refrigeración por aire

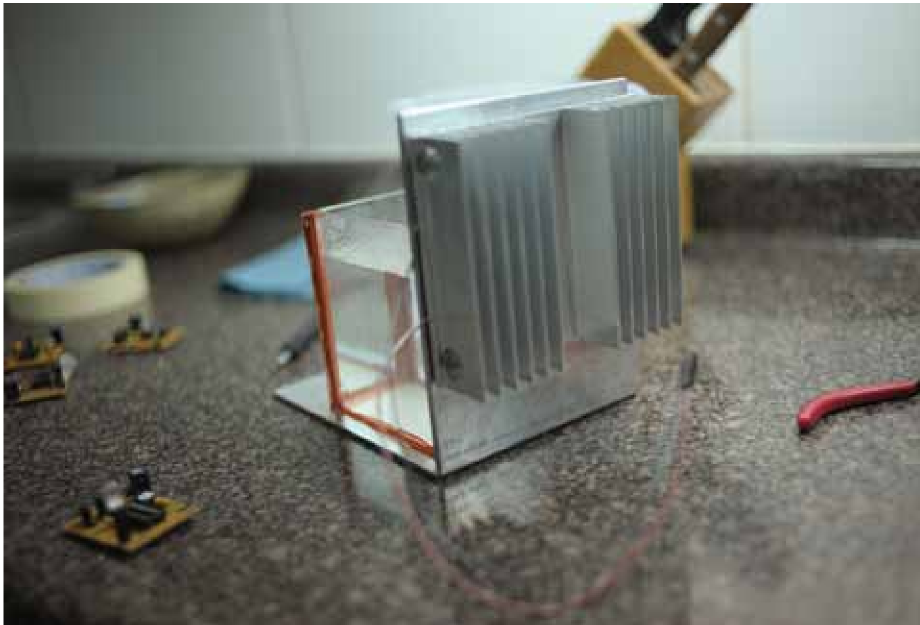
para comprobar el funcionamiento de lo planteado en la propuesta de la lámpara de emergencia[18], había que hacer una herramienta que permitiese probar no el principio, que ya había sido demostrado antes[19], si no que acercarnos lo más posible al situación real.

de esta forma se tomó una de las partes del soporte para réplicas de temperatura, pero en vez de utilizar para la cara fría, el otro bloque, se reemplazó con un disipador para flujo no forzado. al disipador se le hicieron las perforaciones

18. véase lámpara de emergencia pág B047

19. véase prueba luz agua/agua pág A052

correspondientes para que se pudiera fijar usando el mismo sistema de anclaje por pernos que se heredó del soporte anterior.



soporte modificado para refrigeración por aire

circuito transfor-mador

para poder utilizar la corriente generada por la placa termogeneradora es necesario llevarlo a un voltaje más alto y regular que lo que arroja la placa de forma natural, para esto se armó un circuito utilizando como principales componentes un circuito integrado, chip, y un transformador, siguiendo las indicaciones del fabricante del chip[20].

el chip, LTC3108, que es el controla y regula el voltaje de salida, viene empaquetado en formato SSOP[21], de montaje superficial, que es un formato especialmente pequeño, pensado para ser ensamblado a máquina; por lo que hubo que adaptarlo a un formato en el cual se pudiera trabajar y a la vez hacerlo removible, pues de ese modo se podía utilizar el mismo chip en las distintas configuraciones de circuito / transformador.

20. véase LTC3108 pág B085

21. Wikipedia, Shrink Small-Outline Package, http://en.wikipedia.org/wiki/Shrink_Small-Outline_Package.

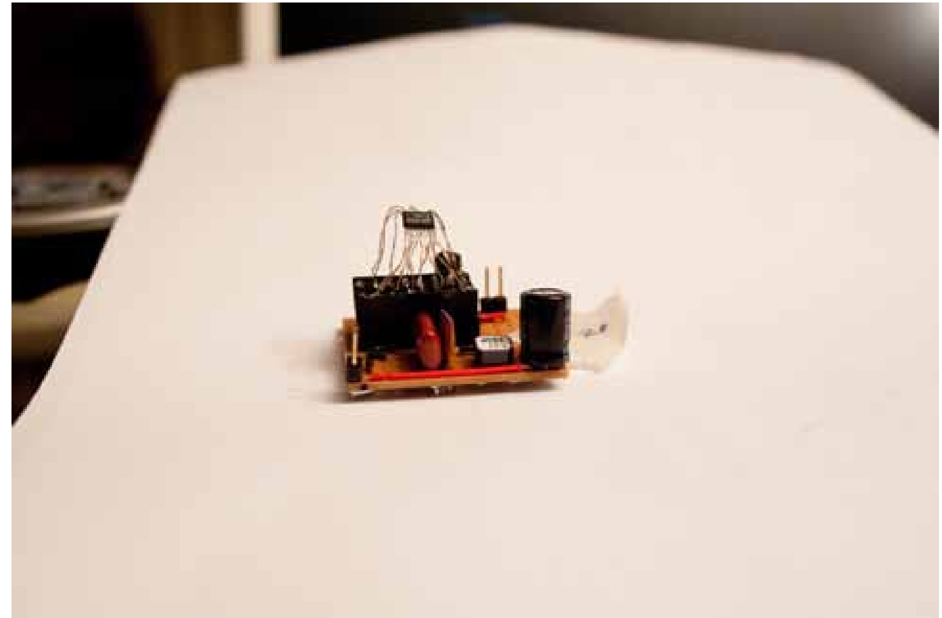
los circuito se realizaron con conexiones removibles, tanto para la entrada desde el TEG, como para la salida, para facilitar las pruebas, al poder intercambiarlos rápidamente.

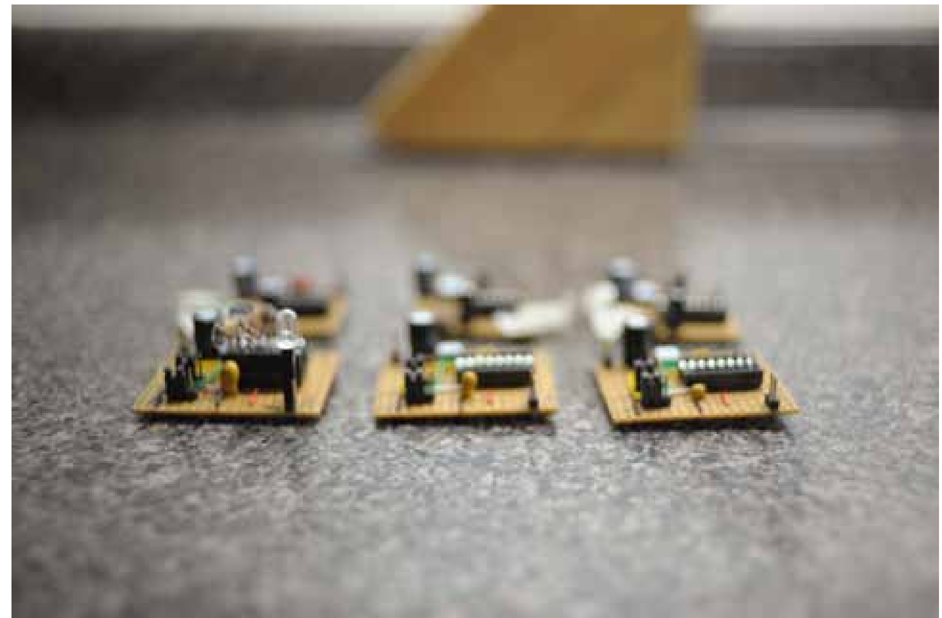
siguiendo las indicaciones de un grupo de un grupo de ingenieros, simón zúñiga y alonso puig, de pitec, a los cuales les debo incuantificable ayuda, se realizaron tres circuitos del mismo tipo, cada uno con transformadores de distintas relaciones, 1:20, 1:50 y 1:100, emparejados con sus correspondientes juegos de condensadores, para poder determinar de forma experimental cual se desempeñaba de mejor forma. por lo que se realizó una primera camada de 3 circuitos, con una salida programada a 2.35 volts, pensando en cargar baterías de 2V, pensando en los requerimientos del cargador de celular[22]; posteriormente se realizó una segunda versión de los circuitos, donde se cambiaron algunos condensadores electrolíticos por unos de tantalio y además se hizo posible reprogramar la salida de voltaje a través de unos jumpers, 2.35, 3.3, 4.1, 5 volts, para poder hacer más pruebas sobre el uso de leds[23] para el propuesta de la lámpara de emergencia[24].

22. véase cargador de celulares pág B042

23. véase prueba luz agua/agua pág A052

24. véase lámpara de emergencia pág B047





circuito transformadore de corriente, varias versiones

experimentación


toma de temperatura de estufa de a leña

mediciones tº aparatos domésticos

como requisito para la propuesta del cargador de celular[25] fue necesario establecer cuales serían los posibles lugares donde emplazarlo, así que se decidió hacer mediciones sobre el calor que emanaban distintos aparatos domésticos, como refrigeradores, ollas, televisiones, y otros[26].

Se realizaron cerca de 20 mediciones, las cuales duraban entre 1:30hrs a 4hrs aproximadamente, inicialmente se hizo la distinción entre aparatos de uso continuo de los que no, en los primeros se adoptó el dejar aclimatando el aparato de medición

25. véase cargador de celulares pág B042

26. véase mediciones temperatura pág B067



mediciones sobre olla y foco alógeno

por cerca de 1hrs antes de comenzar a hacer los registros, para que alcanzara la temperatura de uso, ya que como funcionan de forma continua no es relevante medir cuanto tiempo se toma en tomar temperatura el dispositivo; pero por razones de tiempo se decidió a acortar el proceso que demoraba cerca de 4hrs, 1hr de aclimatación y 3hrs de medición, a sólo 2hrs, que son lo suficientemente significativas para el muestreo y permitió realizar mayora cantidad de tomas; había que tomar en consideración el tiempo que los voluntarios tenían disponible.

de todos los aparatos medidos, hubo ciertas sorpresas; esperaba poder obtener mejores resultados de equipos como televisores y computadores, pero por otro lado los refrigeradores resultaron mejor de los que se esperaba, con un diferencial de 7.2°C, promedio, con algunos casos dónde obtuvimos casi 15°C constantes; los hornos de las cocinas a gas también presentaron muy buenas





mediciónes de refrigeradores

mediciones, 25.8ºC promedio, y las lámpara alógenas, 21ºC. pero este no es el único factor a considerar, el caso de los hornos si bien producen un diferencial muy bueno, su tiempo de uso no es prolongado, a lo sumo un par de horas, considerando la inercia térmica que arrastran después de apagado, sumado a que difícilmente se encienden todos los días. las lámparas que se usan por muchos más tiempo y con mayor frecuencia tienen el problema de que no hay siquiera una tipología clara, lo que hace muy difícil crear un aparato que se adose a tal variedad de geometrías, además de que este no puede sobrepasar las dimensiones sobre el cual reside.
la estufas a leñas, 18.8ºC, son más escasas en el entorno urbano; otro aparato con buenos resultados pero poco común son las secadoras de ropa, 9.5ºC. en cambio los refrigeradores que si bien no ofrecían el mejor de los rangos de temperatura, de todas formas estaban dentro de los márgenes, tienen la gran ventaja de que se encuentran en una gran mayoría de los hogares, y su uso es constante, además de que el compresor de éstos, que es dónde colectaríamos el calor, tienen en general una tipología clara, lo que facilitaba el desarrollo de la propuesta.



toma de muestra en horno eléctrico

en el proceso de medición además se aprendió que por lejos la mejor forma de captar el calor de los aparatos es por conducción, por convección y por radiación es altamente ineficiente, por lo que se volvió prioritario el crear algún tipo de superficie que se mantuviera con la mayor área posible en contacto con el aparato que genera el calor.

producción electrici-dad

había que saber cual era la capacidad de producción de electricidad de la placa termogeneradora[27] en el rango de temperaturas que había sido censado; se replicó el escenario medido en los compresores de los refrigeradores, no sólo acercándonos al diferencial de temperatura que se encontró, si no que también en las temperaturas; no basta con crear una gradiente de 15°C, también tiene que hacerse en las temperaturas que se habían encontrado, en este caso, con un lado caliente, equivalente al compresor, a 45°C y un lado frío a 30°C, similar al aire que rodea la parte trasera de un refrigerador.

27. véase TEG pág B084

el rendimiento de los TEGs, no sólo es proporcional a la gradiente de temperatura a la cual se los expone, también influye que temperaturas con las que se logra ese diferencial; no generan la misma electricidad con un



soporte para réplica de temperaturas, medición temperatura agua


lectura de electricidad producida por TEG

mismo diferencial de 15°C, si este logra entre 0°C y 15°C, que si se lograse entre 85°C y 100°C.

para replicar las temperaturas se utilizó un soporte especialmente ideado para esto[28], donde dos volúmenes de agua permitían mantener estables las temperaturas y entre ellos se ubicaba el TEG.

generación sin carga

los primero intentos no resultaron exitosos, se vio que la placa termogeneradora no estaba haciendo contacto sobre las superficies de forma correcta, la electricidad que se producía era mínima, muy por debajo de los especificado por el fabricante. esto causado por una superficie de goma que rodeaba la placa, la cual tenía por función disminuir el calor que pasaba del lado caliente al frío por fuera de la placa; pero el espesor de esta goma y el hecho que su presencia ocultaba a la placa TEG, no permitía que se ajustara precisamente el montaje, una vez retirado el aislante de goma se pudo ajustar a la presión y contacto preciso para la placa y comenzaron a hacerse las mediciones nuevamente[29], se probaron distintas temperaturas y diferenciales, en el rango de 15°C, entre los 30°C y los 45°C, se obtuvo entre 0.6 y 0.7 volts, sin carga; cómo todas las primeras mediciones que se realizaron, ninguna se sometió a la placa a carga o esfuerzo.

28. véase soporte para réplica de temperaturas pág A038

29. véase generación electricidad sin transformador pág B079

generación con carga

en una segunda ronda se midió a la placa generadora, dentro de los mismo márgenes de temperatura, pero bajo carga; esto permite medir cual es la intensidad, ampares, y no sólo tensión, volts, como se había hecho antes. las cargas que se utilizaron fueron resistencias eléctricas, debidamente medidas, se organizaron en serie y en paralelo, según fuese necesario hasta dar con la medida que permitiera bajar el voltaje de salida de la placa a la mitad, y así por tomando la ecuación de la ley de ohm, i = v / r, determinar la corriente. los resultados obtenidos bajo el mismo diferencial térmico anterior fue de 0.16 amperes utilizado una resistencia de 4.3Ω.



diversas pruebas de generación de electricidad

generación con transformador

para que la electricidad que se estaba produciendo fuera útil había que llevarla a un nivel utilizable empeñando un pequeño transformador[30] que levantara el voltaje hasta 2.35 volts, rango que ya nos permitiría cargar unas baterías de ácido de 2 volts.

la salida de la placa se conectó a un circuito micro step-up[31], 6 placas de circuitos se hicieron y probaron; había que tantear una serie de variables, como la relación de los transformadores y los tipos de condensadores, se alternaron electrolíticos y de tantalio.

de los resultado se obtuvo que era factible producir electricidad en un nivel práctico para ser utilizado[32], si bien el comportamiento en un inicio parecía errático, con el tiempo se vio que cumple una lógica, bajo cierto umbral, que no se pudo precisar, simplemente la electricidad que sale del circuito cercana a 0 volts, pero superado cierta barrera, entrega de forma muy pareja corriente en el orden de los 2.3 volts, como se programó la salida del chip[33], cuando se conecta a una carga, antes de eso se puede medir voltajes mayores.

el circuito con un trasformador de relación 1:100, es el que permite operar desde voltajes más bajos, y no mostró problemas al enfrentarse a una entrada con voltajes altos.

30. véase chip para manejo de electricidad pág B032

31. véase circuito transformador pág A041

32. véase generación electricidad con transformador pág B082

33. véase LTC3108 pág B085

prueba luz agua/agua

cuando se realizaban las pruebas de generación de electricidad con el micro transformador step-up, se vio que era necesario aplicarle una carga para poder medir correctamente el voltaje que generaba, y para ello se utilizó un led blanco, el que prendió y alumbró bastante más de lo esperado, sobre todo si lo contrastamos con que si se conectaba el led directamente a la placa termogeneradora, independiente del rango de temperaturas con el que se experimentase, nunca se logró encender una luz y menos con diferencial de 15°C aproximadamente.

a raíz de este acierto nació la propuesta de la lámpara de emergencia[34].

todas las pruebas siguieron empleando el soporte que utiliza dos volúmenes de agua[35] para generar el diferencial.

la interrogante nueva era cuanto tiempo se podría mantener encendida una luz; las primeras pruebas mostraron que con un diferencial inicial de 15°C, el que va disminuyendo a medida que se intercambia la temperatura entre los volúmenes de agua y con el entorno, se podía mantener encendido el led cerca de 15 min.; la más exitosa de todas fue una, donde con un diferencial de cerca de 80°C iniciales, se pudo mantener el led encendido a un nivel aceptable de luminiscencia durante 1:15hrs.

34. véase lámpara de emergencia pág B047

35. véase soporte para réplica de temperaturas pág A038



primera pruba con luz led



luz alimentada por diferencial de
temperatura de soporte agua/agua

36. véase LTC3108 pág B085

37. véase lámpara de emergencia pág B047

en estas pruebas que buscaban maximizar tanto el tiempo de encendido, como la luminiscencia del led, se probó nuevamente con los distintos circuitos y también se probó programando la salida de voltaje de éstos desde los 2.35 a los 5 volts, que permite el chip LTC3108[36]; resultando la mejor opción ocupar el circuito con relación 1:100 y con la salida a 2.35volts.

prueba luz agua/aire

esta última iteración se realizó para comprobar el funcionamiento del sistema, pero ésta vez, siendo refrigerado por aire en vez de por otro volumen de agua, para acercarnos más al funcionamiento que tendría la lámpara de emergencia[37].



luz con soporte agua/aire



luz con soporte agua/aire

al ser refrigerado por aire era esperable que el rendimiento disminuyera de frente al sistema refrigerado por agua por varias razones; primero el agua tiene una inercia térmica mucho mayor, lo que permite mantener el diferencial por mayor tiempo, y por otra parte, la eficiencia de un disipador de calor pasivo enfriado por aire es más baja, lo que crea un diferencial menor.

para poder probar esto, se utilizó soporte agua / aire, para que esta vez tuviera sólo un recipiente con agua caliente y del otro lado de TEG se ubicó un disipador[38].

al final se obtuvo que utilizando la misma configuración de circuito que en el caso anterior, se podía mantener una luz por cerca de 20 min. en un buen caso, utilizando agua recién hervida como fuente de calor.

38. véase soporte para pruebas con refrigeración por aire pág A040

superficies adaptables

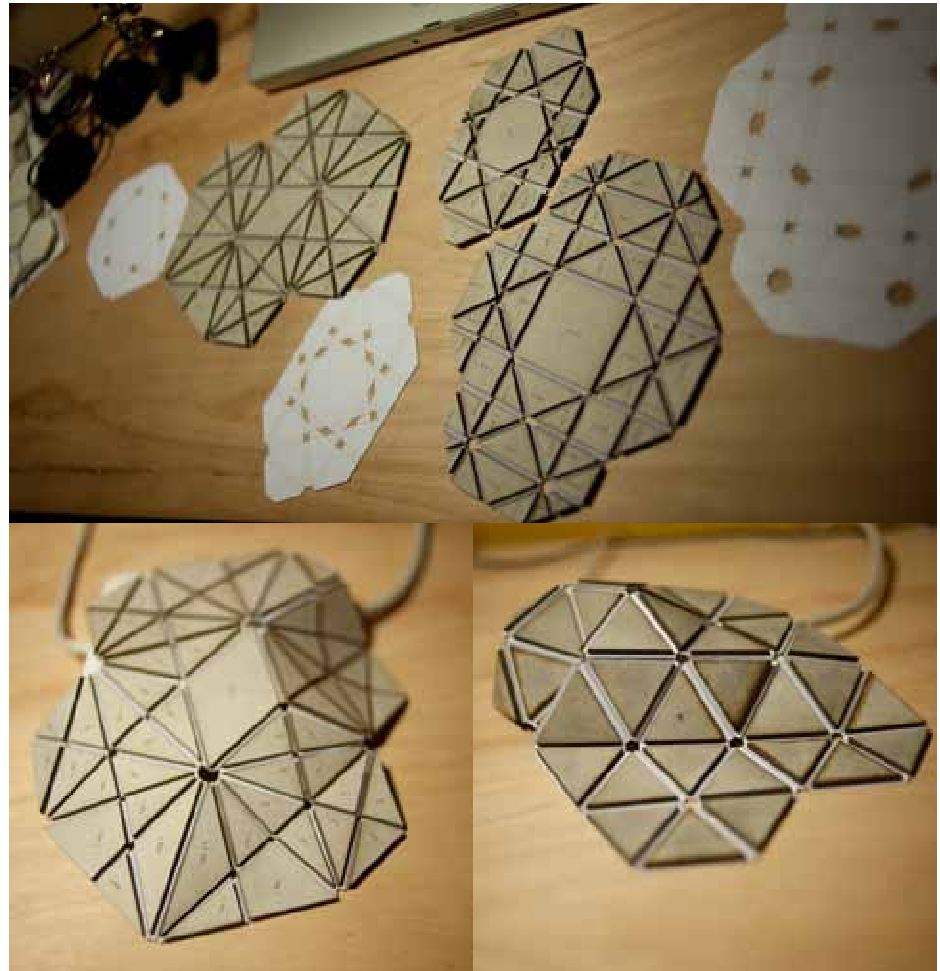
mientras se estudiaba la del cargador de celular[39] se presentó la necesidad de crear una superficie que fuese continua y que permitiese adaptarse a las variantes formas de los compresores de los refrigeradores, uno de los requerimientos del generador de esa propuesta[40].

39. véase cargador de celulares pág B042

40. véase cargador de celulares pág B042

así fue que se comenzó a experimentar con múltiples geometrías unidas de forma de configurar una suerte de malla flexible, pero a diferencia de la anterior no compuesta por eslabones individuales, si no pensando en una monomaterialidad, cobre, de distintos espesores, que con pliegues pudiera en sus superficies más delgadas le otorgaran la elasticidad al conjunto.

las pruebas se hicieron con cartón y papel cortados y marcados con un ploter láser, con diversas configuraciones, demostrando mejor propiedades para adaptarse a distintas geometrías las superficies conformadas por triángulos equiláteros y la de plano radial.



distíntas superficies adaptables

conclusiones



conclusiones

a lo largo de todo lo visto, estudiado y experimentado se puede extraer que hacerse cargo de la eficiencia energética es un tema prioritario y presente y una de las formas de hacerlo es a través del uso de tecnologías que permitan el aprovechamiento de energías desperdiciadas, como el uso de termogeneradores para recuperar la energía del calor residual.

el uso de la tecnología propuesta para hacer frente a la eficiencia energética, no sólo es interesante a nivel de discurso, es viable, incluso es posible realizar experiencias bastantes satisfactorias, como las que se realizaron en este trabajo, sin tener grandes conocimientos sobre el tema; por lo mismo las posibilidades de implementarla son múltiples y variadas, aquí solo se esbozan algunas que ojalá sirvan de guía.

experimentación, investigación
y propuestas para uso
de energía térmica residual

lado B



pontificia universidad católica de chile
facultad de arquitectura, diseño y estudios urbanos
escuela de diseño

experimentación, investigación y propuestas para uso de energía térmica residual

por

juan pablo fassi muzio

memoria de proyecto de título presentada a la escuela de diseño de la pontificia universidad católica de chile, para optar al título profesional de diseñador

profesor guía

mario antonio ubilla sanz

comisión

maría de la paz cox yrarrazaval
patricia karina manns gantz
mario antonio ubilla sanz

septiembre 2010
santiago, chile

el uso parcial de mayúsculas es intencional

agradecimientos



agradeci-mientos

quiero agradecer a todo quienes hicieron posible llegar al cúlmine de esta etapa, que sin su ayuda no hubiera sido posible.

parto agradeciendo a mi familia, flavia, javier, lucas y a olga, por su apoyo y la templanza de estar al lado de todas las decisiones, incluso las menos acertadas. a los kovacic muzio, ahhh, me cago, su ayuda irrestricta, su comprensión, apoyo, compañía y la estadía, madrina sin su oferta para alojar este trabajo, que hubiera hecho. a yigo, hermano y la que te parió, por pasármela, a obvio a panky la quien no me la pasó, quiero dejar en claro. a mi padre, a la rebeca y a mis hermanos que desde la lejanía quizás se acordaron de por aquí, broma, gracias por su apoyo.

a mario ubilla, por su fe en mi, y que sin su guía este proyecto ni siquiera hubiera empezado. a la ceci pouquette, la vicky acevedo y la pili rodríguez, que sin contar con el apoyo este trío dinámico en la escuela de diseño, no hubiera llegado hasta aquí, incontables han sido las veces que me han salvado, y a la escuela también.

no puedo dejar de mencionar a don agustín mercado, amo y señor de la sala de herramientas, quien ha tenido que aguantar generación tras generación de descriteriados alumnos, incluso a los que nos negamos a partir. a pedro león, el patrono de las maquinas que “hacen la pega”, por toda su disposición a enseñar y ayudar. y a manuel por su incansable disposición y su siempre presente buena onda. a pablo hermansen, con quien realicé unos intentos, aunque fallidos, que por fin concluyen ahora.

no puedo dejar sin mencionar a la fran cáceres y a dany han por toda la confianza el apoyo y su disposición ayudar siempre y por haberme acogido en el taller durante el desarrollo de esto, graciar. a sandra conejeros, que si bien nunca este trabajo fue su

tema, siempre fue oreja para todo lo que pasara o me pasara, y empujando al ánimo para que se apersonara para finalizar esta historia. a ignacio y benjamín fantini, que además de las a veces desvariantes conversaciones, su ayuda para darle solución a los programas. a matías bucci, que siempre estuvo allí y también a gianfree, alias gianfranco bertonati. a mirko vukasovic quién además ofreció su porongo. a nico grisanti por su poto, saludos al capital federal.

a todos quienes se prestaron para que se los midiese, y así saber cuanto calor tenían: milena gröpper, dany han, francisca cáceres, sandra conejeros, a mi nonna, matías bucci, a mis primas y a doña inmaculada demencia zúñiga, a quién le debo quizás los mejores debates, además.

un especial agradecimiento a simón zuñiga, y a alonso puig, de la empresa pitec, por toda la ayuda para enfrentar y llevar a acabo todo lo complicado de la electrónica del proyecto, y que en su guía se pudo llevar a cabo. a carla vairetti, profesora de ingeniería de la UC, quien me permitió asistir a sus clases de programación. a rafael rodriguez por su increíble disposición a pesar de no tener tiempo.

y a todos aquellos que me han apoyado y se han preocupado, familiares, amigos y que ingratamente he olvidado mencionado.

índice

índice lado B

índice lado A

antecedentes



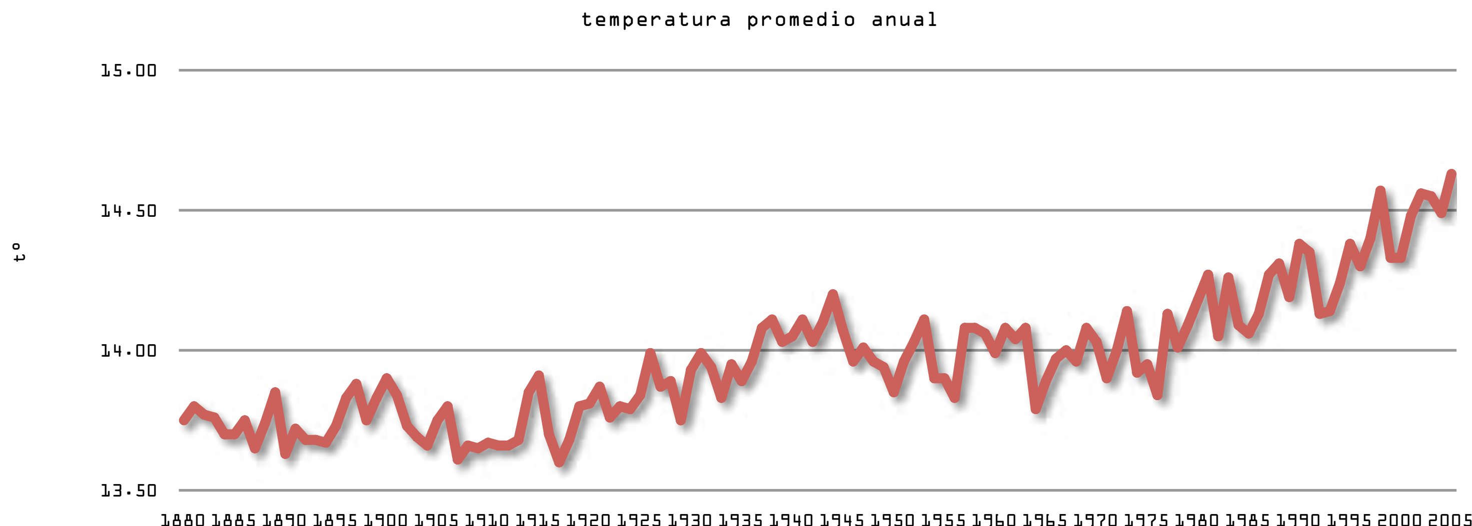
lago y glaciar grey, parque nacional
torres del paine

calenta-miento global

es la denominación que se le da al fenómeno del aumento de la media de la temperatura atmosférica global, y en especial se usa para referirse al aumento que se ha venido observando desde 1850[44].

y es que <<el mundo se encuentra hoy cerca o en el momento de mayor temperatura registrado durante el actual período interglaciar>>[45]; en los dos milenios que precedieron a 1850, la temperatura se había mantenido relativamente estable[46], incluso considerando las fluctuaciones locales como la pequeña era del hielo[47], y el óptimo climático medieval[48]. en contraposición, durante el siglo recién pasado, la temperatura se elevó en 0.74ºC, siendo la tasa de crecimiento de la última mitad de éste casi el doble del promedio general, y para el siglo XXI se proyecta un aumento que va entre los 1.1 y los 6.4ºC[49], lo que muestra una velocidad y aceleramiento sin precedentes en el incremento de la temperatura.

como consecuencia directa del aumento de la temperaturas hemos comenzado



44. Wikipedia, Calentamiento global, http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global.

45. PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido (Nueva York, Nueva York: Grupo Mundi-Prensa, Mundi-Prensa Libros, s.a., 2007), pág 31.

46. Wikipedia, Global warming, http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming.

47. Wikipedia, Pequeña Edad de Hielo, http://es.wikipedia.org/wiki/Pequeña_Edad_de_Hielo.

48. Wikipedia, Período cálido medieval, http://es.wikipedia.org/wiki/Óptimo_climático_medieval.

49. Wikipedia, Global warming, http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming.

Goddard Institute for Space Studies (GISS). 2006. NASA GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP). New York: GISS.

a experimentar un cambio climático de orden mundial, situación muy preocupante, que, como plantea, en su informe para las naciones unidas, el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, conocido como IPCC por su siglas en inglés; un alza por sobre los 2°C es considerado el umbral para un cambio climático peligroso, no sólo desastroso para el ecosistema, sino también para el desarrollo humano[50].

51. PNUD Op. Cit., pág6.

50. PNUD Op. Cit., pág6.

52. PNUD Op. Cit., pág15.


agua verde, antofagasta, chile

cambio climático

el cambio climático en sí, ya es inevitable[51], pero la escala, fuerza y tipo consecuencias dependerán en gran medida en la capacidad de reacción que tengamos ahora sobre sus causales[52].

los efectos que tendremos a causa del cambio climático, son diversos y muy extensos, incluso algunos, contra intuitivos, debido a la gran complejidad de interrelaciones que afecta este fenómeno global, además de retroalimentarse entre ellos; así en algunos lugares incluso la temperatura podría llegar a disminuir. de todas formas, la tendencia general es al aumento de las temperaturas.

algunas consecuen-cias

disminución de los glaciares, principal fuente de agua dulce

retroceso del manto vegetal y aumento de la desertificación

acidificación de los océanos, desastroso para el ecosistema

disminución de la producción de alimentos

alza del nivel de mar, inundación de tierras costeras

migraciones, tanto por falta de alimentos, como por perdida de suelo habitable por desertificación e inundación

incremento en cantidad y ferocidad de fenómenos climáticos, como los huracanes, tormentas, ciclo del niño, etc...

expansión de enfermedades, vectores víricos como los mosquitos de la malaria y el dengue pueden extender las zonas acción

aumento de enfermedades cardíacas y otras relacionadas con el calor[53]



camino llallagua - san pedro buena vista, bolivia

53. Wikipedia, Efectos potenciales del calentamiento global, http://es.wikipedia.org/wiki/Efectos_potenciales_del_calentamiento_global.

causas del cambio climático

durante la historia de la tierra la temperatura de esta a oscilado, pasando por muchos periodos calidos y otros fríos; estas variaciones se han debido a forzamientos climáticos, que se explican por diversas razones, cómo cambios en la órbita, actividad volcánica y variaciones en la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

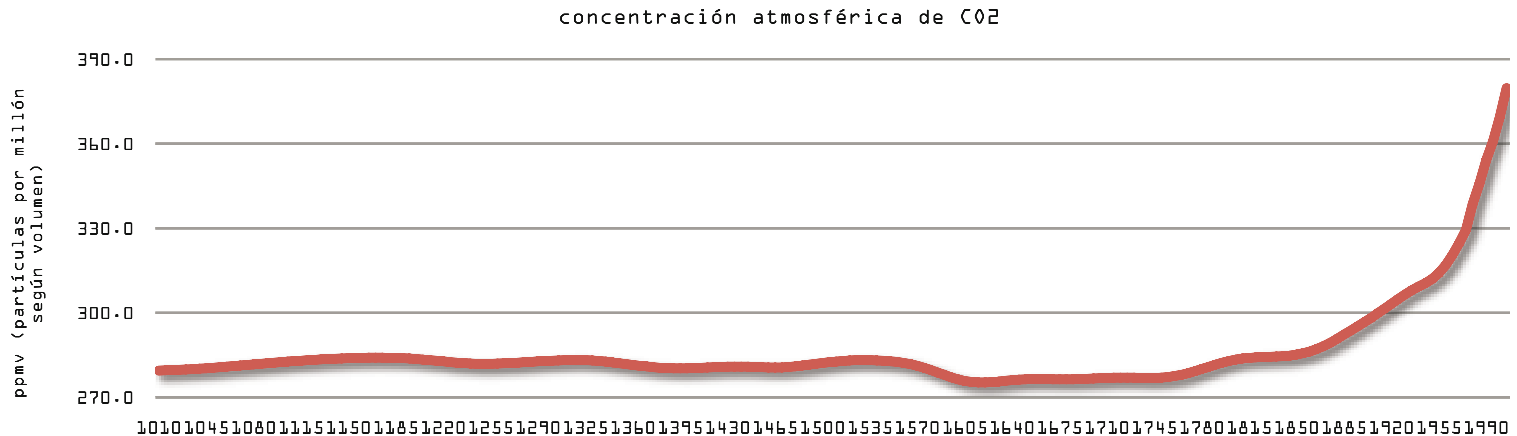
la temperatura de la tierra durante los últimos ciclos de glaciación y calentamiento han estado fuertemente ligados a las concentraciones de CO_2 atmosférico, que es le principal gas de efecto invernadero; de hecho si no fuera por la presencia de ellos de forma natural en la atmósfera, la tierra se encontraría actualmente 30°C más fría, debido a que estos gases tienen la capacidad de retener parte de la radiación que emite la superficie terrestre, evitando que se fugue hacia el espacio.

el ser humano desde siempre ha estado liberando CO_2, ya sea haciendo quemas o cambiando el uso de los suelos, pero desde la revolución industrial, y sobre todo desde que empezó a utilizare petróleo, que la producción

CDIAC

Carbon Dioxide Information Analysis Center Historical CO2 record derived from a spline fit (75 year cutoff) of the Law Dome DSS, DE08, and DE08-2 ice cores

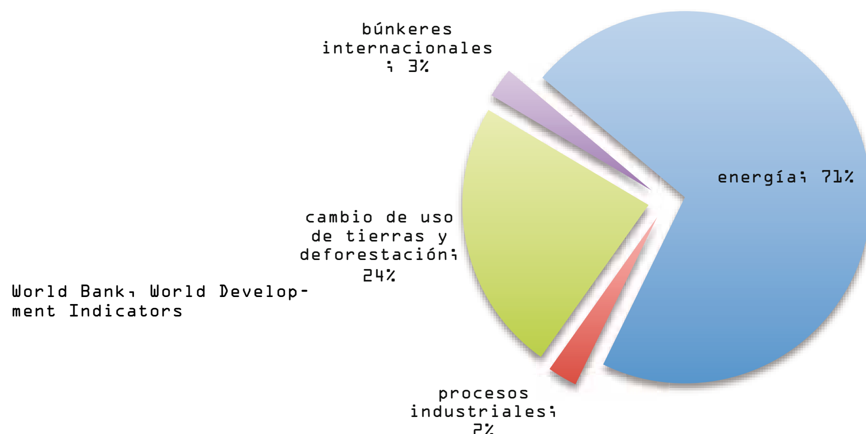
Atmospheric CO2 values (ppmv) derived from in situ air samples collected at Mauna Loa, Hawaii, USA



de éste gas aumentó de forma tan vertiginosa, que ha causado que las concentraciones de CO_2 atmosférico hayan aumentado como nunca antes se había registrado.

el aumento de la temperatura y el cambio climático consiguiente que estamos experimentando, se suscita a una tasa sin precedentes y que no se puede explicar si no es por las consecuencias que la actividad humana ha tenido. en otras palabras el calentamiento global es antropogénico, y nunca antes había habido una especie sobre la orbe que hubiera sido capaz de afectar a su entorno a escala global.[54]

emisión de CO2 en 2000 por sector



World Bank, World Development Indicators

producción de CO_2

"la mala noticia es que la realidad es peor de lo que parece, porque las emisiones están aumentando con el incremento de la población y el crecimiento económico. "[55]

el desarrollo de las naciones está íntimamente ligado al consumo de energía y a la emisión de gases de efecto invernadero, es tanto así que uno de los puntos más conflictivos de las negociaciones que se llevaron a cabo en copenhagen fue el derecho, que exigen los países pobres y en desarrollo, a contaminar para poder desarrollarse, tal como lo hicieron los actuales países desarrollados en los últimos siglos[56].

actualmente cerca del 70% de la producción de CO_2 se debe a la producción de energía[57]. desde el comienzo de la revolución industrial, y sobre todo desde su segunda etapa, movida primeramente por el carbón, y después reemplazada por el petróleo, que nos hemos puesto dependientes de fuentes de energía no renovable

54. PNUD *Op. Cit.*, pág 31.

55. PNUD *Op. Cit.*, pág 47.

56. Lorena Guzmán H., «Hoy comienza la cumbre que definirá laestrategia gloabal contra el cambio climático,» *El Mercurio S.A.P.*, 07 Diciembre 2009: pág A12.

57. CNE (Comisión Nacional de Energía), *Contexto y Enseñanzas Internacionales para el Diseño de una Estrategia Energética a Largo Plazo para Chile*, prod. Global Development Advisor Dalberg (Santiago, R.M., 15 de Agosto de 2008), pág 9.

y altamente contaminantes. tanto el petróleo, como el carbón no sólo son fuentes de energía, ya que a la vez son grandes reservorios naturales de CO_2; cada vez que hacemos uso de su energía, la cual solo podemos aprovecharla en forma de calor, estamos liberando cantidades de este gas a la atmósfera, alterando su concentración atmosférica natural.

el resto de la producción de gases de efecto invernadero se deben a diversas razones, como la producción de cemento, el cambio de uso de suelo (deforestación), procesos industriales y otros.

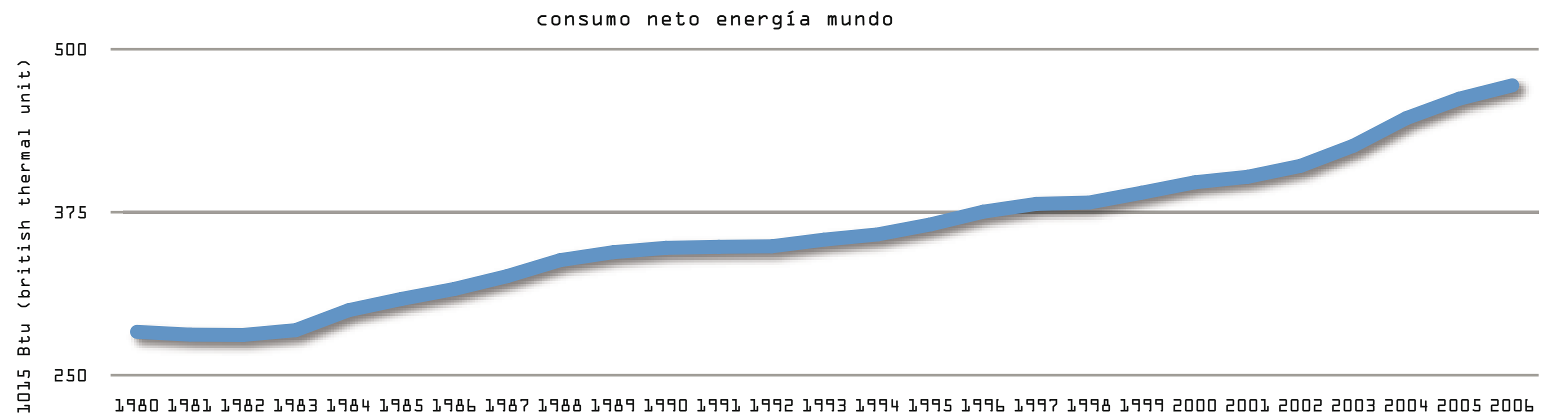
consumo de energía

las necesidades energéticas del mundo se mantienen en un constante aumento, y es que el progreso ha permitido que crezca la población mundial a una velocidad nunca antes vista y a la vez que cada persona consuma cada vez más energía.

esta situación es también clara en chile, que, aunque su población a tenido un crecimiento menor que sus pares regionales, el consumo de energía ha crecido de forma mucho rápida que el promedio regional[58] [59].

58. WRI (World Resource Institute), Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 6.0 (Washington, D.C.).

59. EIA (Energy Information Administration), International Energy Annual 2006.

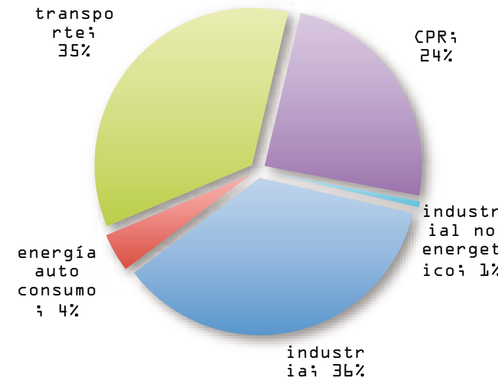


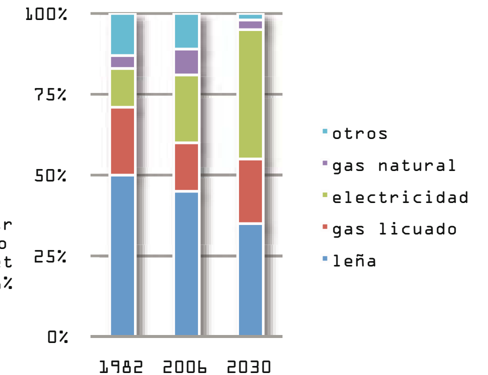
Energy Information Administration International Energy Annual 2006

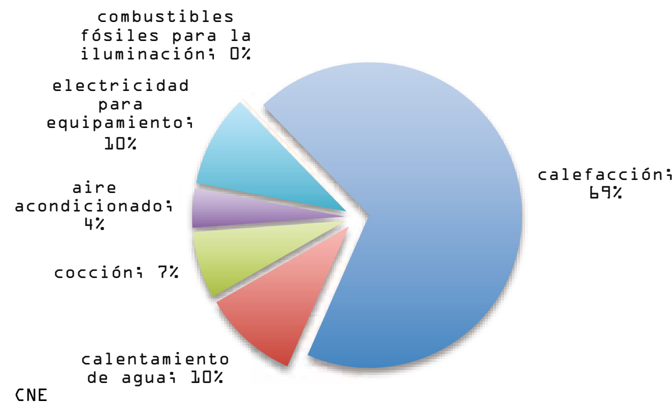
consumo de energía en chile

en chile los principales consumidores de energía son principalmente tres sectores, el industrial, el de transporte y el denominado CPR (comercial, público y residencial), correspondiéndole aproximadamente a cada uno casi un tercio del total[60].

dentro del sector CPR la principal razón del consumo energético, y por un ostensible margen, se debe a la necesidad de calefacción, siendo seguido por la energía utilizada en el calentamiento de agua[61].







CNE

por otro lado, siempre dentro del sector CPR, que la electricidad es una fuente de energía que viene creciendo sostenidamente, desplazando a otras fuentes de energía, mas sin embargo incluso en las proyecciones para el año 2030 se puede apreciar que más del 50% de las fuentes de generación de energía seguirán siendo combustible, o sea que aportan energía en forma de calor directamente[62].

60. CNE (Comisión Nacional de Energía), Balance Nacional de Energía 2008 (Santiago , R.M., 2008).

61. CNE (Comisión Nacional de Energía), Diseño de un Modelo de Proyección de Demanda Energética Global Nacional de Largo Plazo, prod. Raul O'Ryan (Santiago, R.M., 30 de Junio de 2008), pág 191.

62. CNE (Comisión Nacional de Energía), Diseño de un Modelo de Proyección de Demanda Energética Global Nacional de Largo Plazo, prod. Raul O'Ryan (Santiago, R.M., 30 de Junio de 2008), pág 107.

conclusiones

como se puede colegir de los datos aportados anteriormente, es evidente que nos encontramos frente a una situación muy delicada y que ofrece un panorama a futuro poco auspicioso.

la temperatura del globo y el cambio climático asociado que estamos viviendo es consecuencia directa de nuestro actuar[63], y es que nuestra acelerada forma de vida actual, modelo universalizado por lo demás, requiere cada vez de más grandes cantidades de energía para mantenerse y las fuentes con las cuales suplimos esta creciente demanda, son, principalmente fuentes altamente contaminantes, generando y liberando gases de efecto invernadero, como el CO_2, en cantidades que el ecosistema no es capaz de procesar[64].

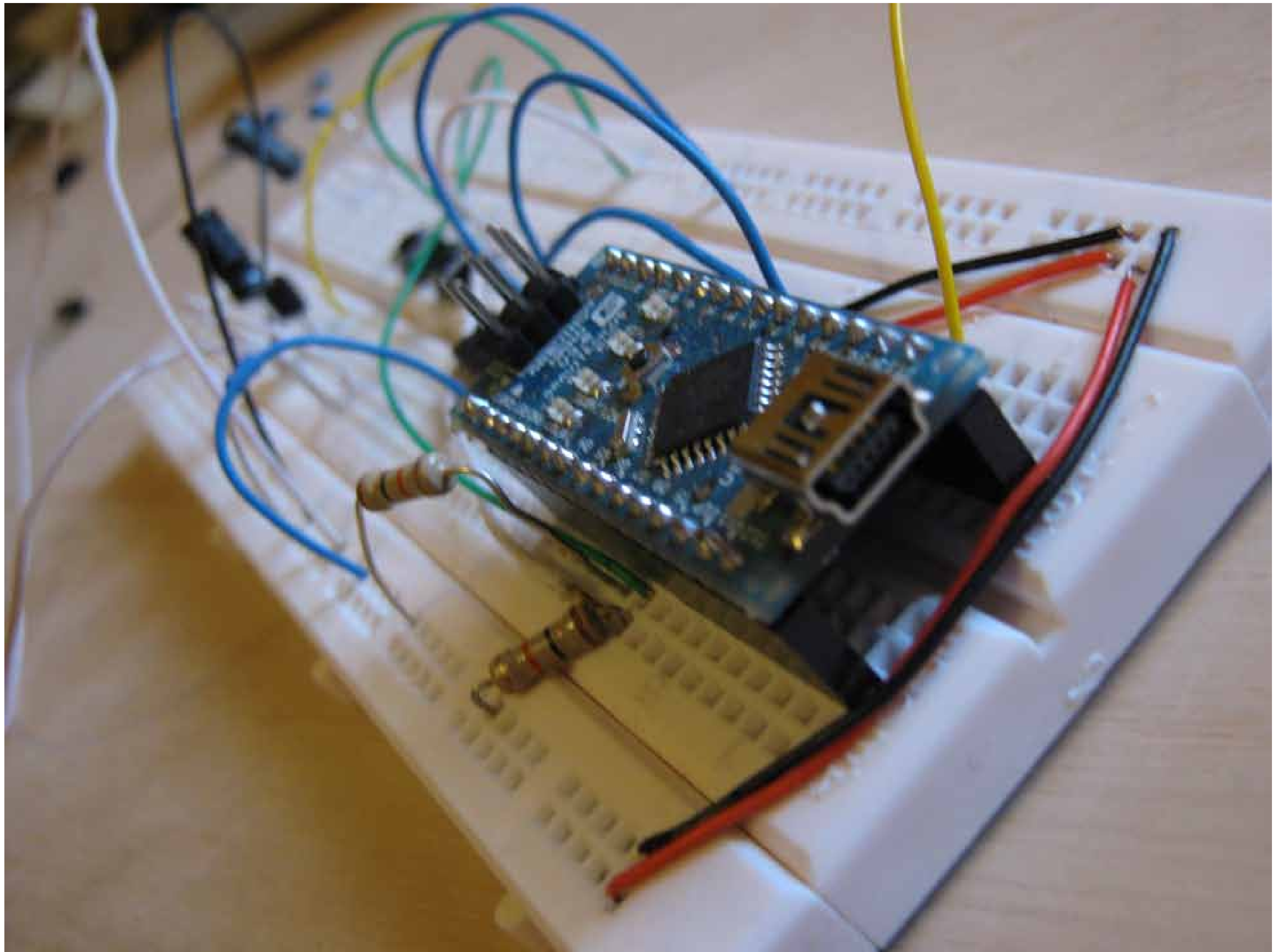
estamos poniendo en peligro no sólo la subsistencia de otras especies, si no que la de nuestro congéneres, sobre todo la de aquellos que viven en países más pobres, ya que las consecuencias serán más graves sobre estas naciones, al no contar con los recursos para paliar las consecuencias que trae el cambio climático; una suerte de subsidio para los pueblos más desarrollados, que han granjeado su propio desarrollo a costas de contaminar , relegando las peores consecuencias a aquellos que menos han hecho[65].

65. PNUD *Op. Cit.*, pág 89.

63. PNUD *Op. Cit.*, pág 32.

64. PNUD *Op. Cit.*, pág 34.

componentes



microcontrolador arduino nano 3.0 en protoboard

disipado-res

los disipadores son piezas especializadas en enfriar componentes, a través de como dice su nombre disipar el calor generador a otro medio, que en muchos casos es el aire.

la evacuación del calor desde el componente a enfriar, hacia el disipador, se realiza por conducción, para posteriormente el disipador dispersar el calor por convección sobre un medio, como el aire, y en menor grado por radiación, lo que hace un disipador es aumentar muchas veces la superficie de contacto entre el componente y el medio refrigerante.

los materiales que en general se emplean en su construcción, son el aluminio y el cobre por ser buenos conductores; de los dos, el cobre es el que ofrece un mejor coeficiente de conducción, pero en contra tiene su mayor coste, mayor peso y peor resistencia mecánica, por lo que, para muchas prestaciones es preferible el uso del aluminio.

los disipadores se pueden dividir en dos grandes grupos, los pasivos, en los que el aire corre por convección y sin ningún forzamiento, y los de flujo forzado, como el caso más común, que es uso de ventiladores.

el diseño y la densidad de las palas depende en gran medida de este tipo de flujo, en el caso de los de flujo forzado, la palas tienen que estar direccionadas de forma paralela al flujo de aire, proveniente del ventilador, y la densidad de éstas debe ser alta, para aprovechar el mayor caudal de aire.

en los disipadores pasivos la densidad de la palas es menor, en general se usa un espaciado que va entre 1 y 2 cm para que no se frene el flujo que se genera por convección, además las palas deben de orientarse de forma paralela al flujo de convección, en general de forma vertical; pero en casos donde la orientación del disipador

63. Wikipedia, Flujo laminar, la enciclopedia libre Wikipedia, http://es.wikipedia.org/wiki/Flujo_laminar.

64. ESPRodElliott,ESP-Heatsink design and transistor mounting, http://sound.westhost.com/heatsinks.htm.



disipador genérico

puede variar se prefiere el uso de palas de perfil cilíndrico por sobre las laminares, ya que en cualquier dirección se comportan igual.

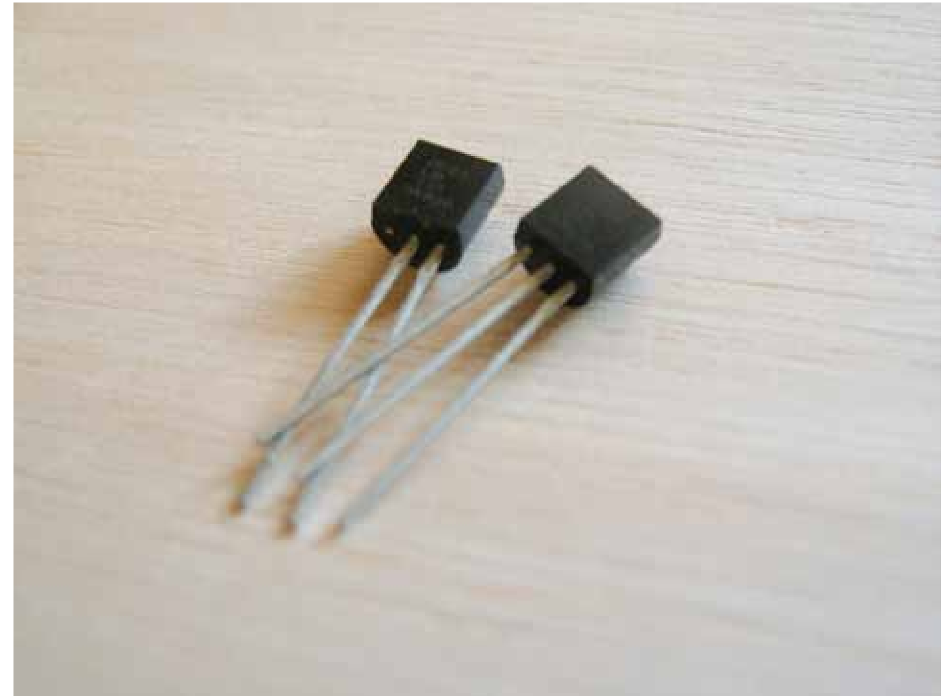
es altamente recomendable, sobre todo en los disipadores pasivos, que el diseño del disipador ofrezca alguna irregularidad en el recorrido del aire, produciendo vórtices que rompan con el flujo laminar; de lo contrario el aire que se desplaza por las paredes de las palas, que es el que se lleva el calor, tendría una velocidad mucho menor[63].

en el caso de los disipadores pasivos, la capacidad de despedir calor en forma de radiación es relevante a su eficiencia, la que puede mejorar cerca de un 20%; para mejorar la emisividad del disipador, factor de emisión de radiación, la superficie del disipador debe ser lo más oscura posible, idealmente un negro opaco y el aluminio es especialmente idóneo para este propósito, ya que se puede anodizar; este tipo de acabado superficial es el ideal porque oscurece la superficie del aluminio con una película muy fina de pigmento, sin ir en desmedro de la conducción, como sucede con las pinturas normales, donde la capa pictórica es lo suficientemente gruesa como para transformarse en un aislante térmico[64].

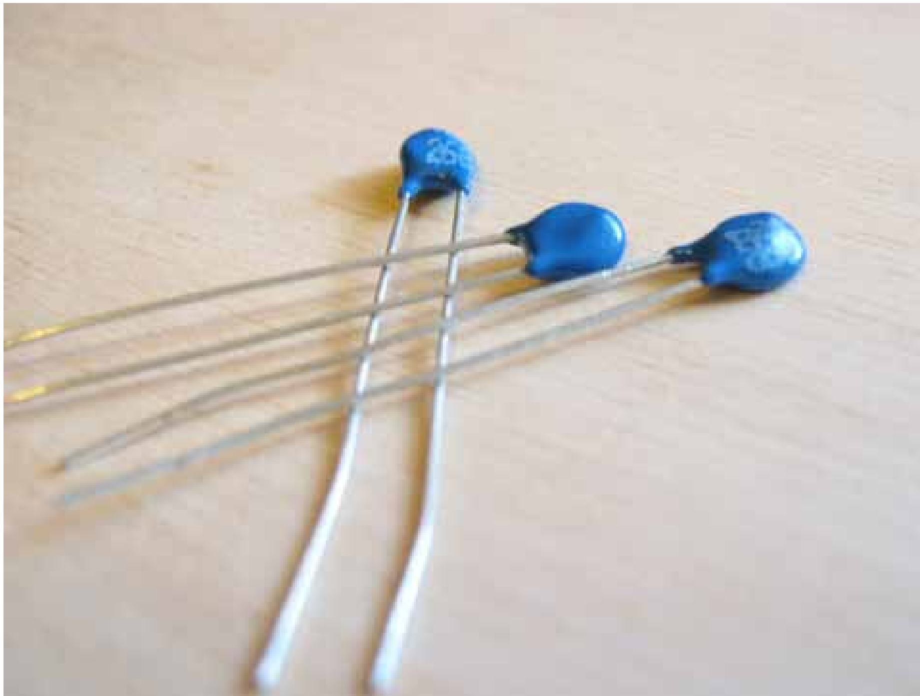
sensores

para medir la temperatura ambiente existen distintos tipos de componentes electrónicos, como los termistores, y algunos sensores más refinados el LM335 y el LM35.

los termistores son resistencias variables según temperatura[65]; existen dos tipos, los que aumentan



seonsores LM335 y LM35



termistores

sus resistencia eléctrica a medida que aumenta la temperatura, PTC (positive temperature coefficient) y los que disminuyen su resistencia al aumentar la temperatura, NTC (negative temperature coefficient); en ambos casos la variación de la resistencia en relación a la temperatura no es lineal, lo que en la práctica se traduce, en que es necesario emplear la ecuación de steinhart-hart[66] para tener

65. Wikipedia,Termistor, http://es.wikipedia.org/wiki/Termistor.

66. Wikipedia,Steinhart-Hart equation, http://en.wikipedia.org/wiki/Steinhart-Hart_equation.

mediciones precisas de temperatura, dicha ecuación requiere de conocer los coeficientes específicos para cada modelo de termistor, lo que muchas veces es poco práctico, al tratarse de componentes genéricos, de venta a granel y sin documentación, complicando bastante el proceso.

los sensores LM335 y LM35 son sensores lineales, donde el aumento de temperatura se manifiesta en igual proporción con su cambio al paso de corriente, permiten operar con un margen amplio de voltajes de entrada, de 4 a 30 volts, además de tener una gran precisión, lo que facilita su uso enormemente; la forma de operar entre ambos sensores en distinta, pero para el caso, indiferente, armar el circuito de una u otra manera no implica una mayor complicación, tampoco es relevante que uno de los sensores ocupe la escala en grados kelvin, LM335, y la otra en centígrados, LM35, lo más relevante fue que el rango de operaciones del LM35 es un poco más amplio, pudiendo medir temperaturas de hasta 150ºC, por lo que era más propicio para el uso en la herramienta que mediría la temperatura de los aparatos domésticos[67].

67. véase medidor de temperatura pág A035

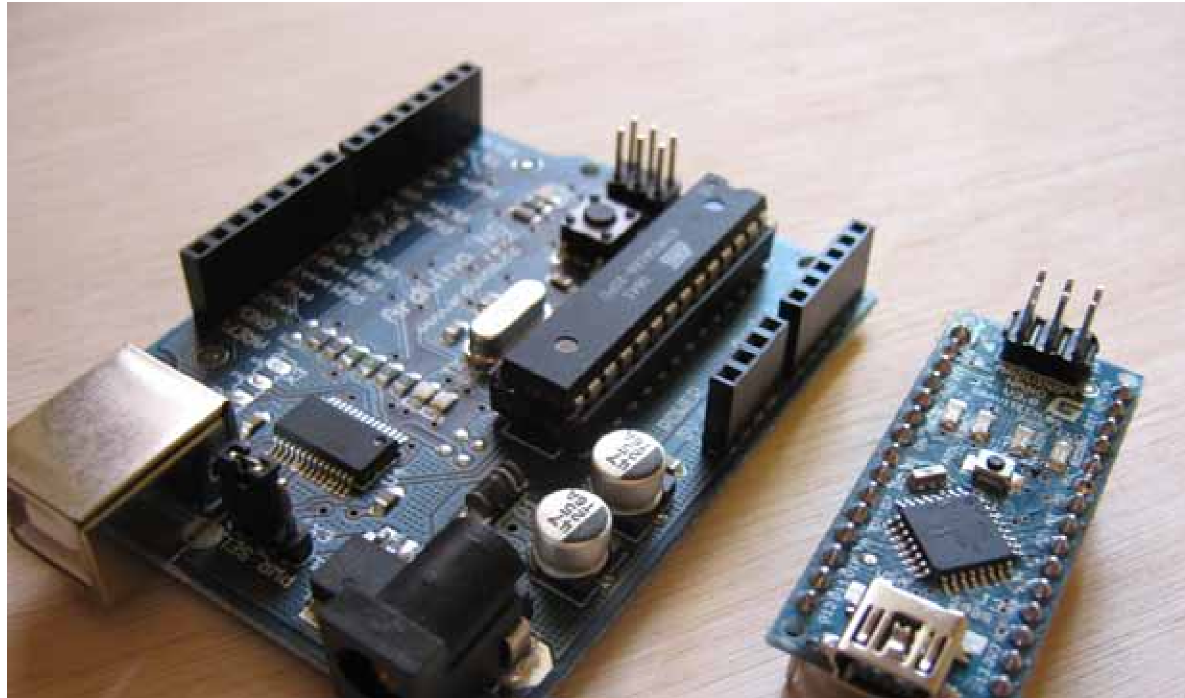
68. véase mediciones tº aparatos domésticos pág A045

microcontroladores

los microcontroladores, son pequeños computadores, muy básicos que permiten ser programados para distintas tareas, en general muy específicas, que un computador normal no es capaz de realizar directamente, o por otras razones, como el tamaño, consumo de energía, costos, complejidad, etc., no son idóneos.

aquí se empleo la plataforma arduino para hacer los registros de temperaturas[68], donde estaba encargado el microcontrolador de trasformar las señales análogas de los sensores en digitales, promediarlas y registrarlas en los intervalos establecidos, tarea que no se puede hacer directamente por un computador normal, además que su pequeño tamaño lo hacen mucho más práctico y menos obstructivo para esta tarea.

la plataforma arduino nace en la escuela de diseño de interacción de ivrea, italia; está compuesta tanto por un microcontrolador de bajo consto, como por un software



microcontrolador arduino ng y nano 3.0

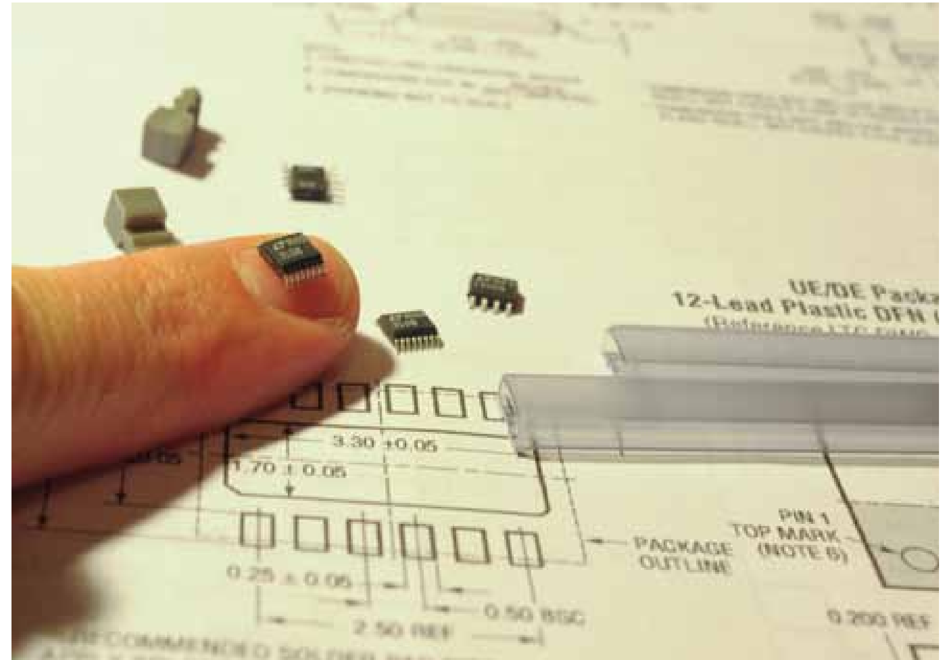
para programarlos de libre distribución, tanto el software como el hardware son de libre distribución y desarrollo, lo que sumado a un lenguaje relativamente sencillo de programación, este de basa en wiring, una versión simplificada de C, orientada a microcontroladores, ha permitido que se genere una gran comunidad entorno, facilitando enormemente su aprendizaje de forma autodidacta.

de todas formas para poder llevar a cabo las tareas de programación, que no me eran muy afines, tuve que recurrir a la amabilidad del departamento de computación, de la escuela de ingeniería de la universidad católica, cuya profesora, carla vairetti, me permitió asistir de oyente a sus clases y así interiorizar un poco en los conceptos básicos de programación.

chip para manejo de electrici-dad

uno de los requerimientos más básicos al emplear una fuente de generación de electricidad, es de rectificar la corriente para hacerla utilizable. en el caso de los TEGs, la electricidad que se produce es de muy bajo voltaje y fluctuante, por lo que se necesita elevarla y nivelarla, y hacerlo consumiendo lo menos posible en el proceso.

los circuitos integrado, llamados chips vulgarmente, o IC por sus siglas en inglés, son las mejores alternativas para este tipo de tarea, no porque no se pueda crear un transformador step-up DC-DC (transformador para levantar el voltaje desde una fuente de corriente continua a una salida de corriente continua) con componentes, si no porque es la única forma de asegurar



chip LM3108 fabricado por linear, en empaque SSOP

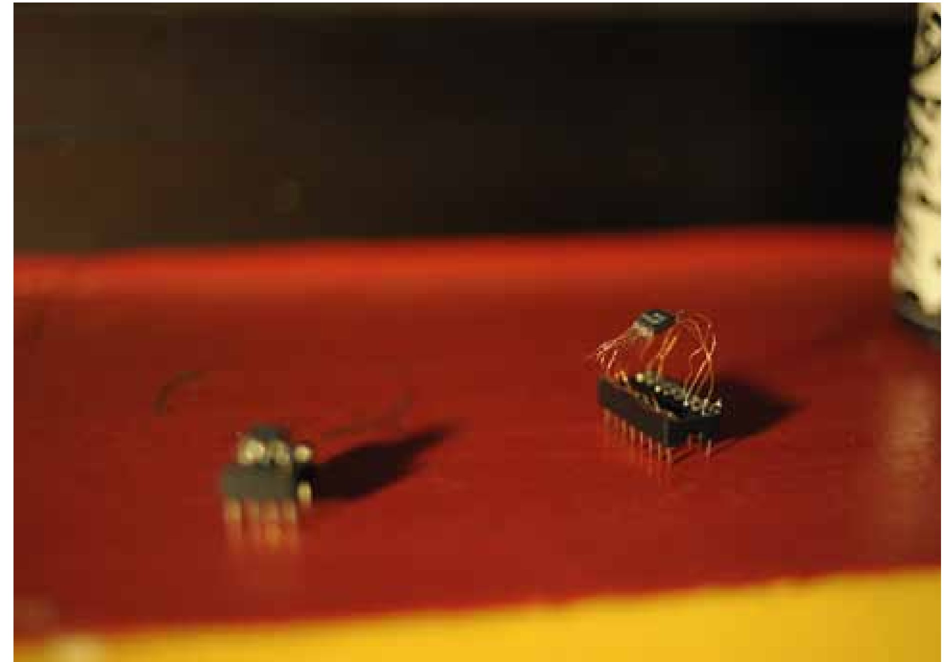
un gasto mínimo en el proceso, los circuitos integrados concentran gran cantidad de componentes en pequeños, diminutos empaques, lo que disminuye en gran medida la perdida electricidad por resistencia de los componentes, además aseguran un nivel de calidad mayor y permiten más libertades al diseño, ya que las dimensiones son menos relevantes.

en esta búsqueda de circuitos que pudieran hacer la tarea se encontró

que linear technologies, una gran productora de chips para múltiples propósitos, había desarrollado recientemente un circuito, a fines del 2009 lanzó el LTC3108, especialmente pensado para el uso en cosecha de energía, ya sea por medios de piezoeléctricos, TEGs, paneles fotovoltaicos, o termopilas; de hecho hasta la fecha es la única empresa que tiene en su catálogo circuitos específicos para estas tareas, que ahora se engrosa con el LTC3109 (julio 2010).

el LTC3108[69], es un chip avanzado para la conversión y administración de energía, de hecho las capacidades de este están sobre dimensionadas para las necesidades del proyecto, ya que permite tener múltiples salidas programables en voltaje, salidas pulsantes, envió de señales de encendido, capacidad de uso de energía de reserva, etc., pero y aunque no se ocupen todas sus potentes características, este circuito integrado era la mejor opción para la tarea, por su muy bajo consumo y la posibilidad de operar desde los 0.02 volts.

el LTC3109, es una variación del circuito anterior, que permite operar con polaridad inversa. la inversión de polaridad ocurre en los TEGs cuando se someten a un diferencial de temperatura inverso, lado frío al calor, y lado caliente al frío.



chip LM3108 en adaptador DIP

69. véase LTC3108 pág B085

baterías

las baterías se dividen en dos grandes grupos, las de un sólo uso, y las recargables.

las baterías recargables se las puede encontrar en una diversidad de químicas distintas, y cada un de ellas ofrece características diversas, por lo que depende de las necesidades y el tipo de uso que se le vaya a dar, la elección correcta; las tres principales químicas que encontramos son las baterías de ácido, las de níquel y las de litio.

las baterías de litio son la química más frecuente que encontramos en aparatos tecnológicos, como celulares, computadores portátiles o todo tipo de dispositivos móviles, ya que esta tecnología es una de las más eficientes en su relación peso/ volumen versus capacidad de carga, lo que permite baterías muy potentes en pequeño empaques, además permiten en general una mayor cantidad de ciclos de carga y descarga que sus pares de níquel; pero tienen sus desventajas, necesitan cargadores especializados, no aguantan mucha sobrecarga, su proceso de reciclaje es muy complejo, además el litio es muy contaminante y altamente reactivo a la humedad y produce una reacción exotérmica al contacto con el agua.

las baterías de níquel ofrecen una menor capacidad de carga que las de litio, pero mayor que las de ácido, y hasta hace unos años eran el estándar que se usaba en la industria tecnología, y al igual que las de litio no tienen problemas con su posicionamiento al ser selladas; sufren de rápida perdida de carga ante el frío y no pueden mantenerla por mucho tiempo tampoco, además como tónica general de las baterías sus compuestos son tóxicos y difícil de reciclar.; a su favor tienen que son menos sensible a la sobre cargas, pero no tanto como las de ácido, se las encuentra sobretodo cómo pilas recargables de formatos tradicionales, AA, AAA, etc.

las baterías de ácido son una de las tecnologías más antiguas, su relación entre volumen/peso y carga es muy inferior a las otras, por lo que no son convenientes en usos móviles o de pequeño tamaño; en general deben estar de pié, si no se puede vaciar el ácido de ellas, porque no



chip LM3108 en adaptador DIP

pueden estar selladas, algunas como las baterías de los autos hay que mantenerla con sus niveles de líquido para que funcionen; las baterías que ocupan ácido en estado gel no tienen problema con su posicionamiento, por otro lado las baterías de ácido son muy confiables, permiten ciclos profundos de cargas y descargas, y son las que toleran de mejor forma una carga y sobre carga constante, además de ser muy duraderas, y si después de tantos avances, los autos siguen ocupándolas, como también se usan en bancos de baterías de las fuentes solares y eólicas, o como fuente de respaldo para servidores computacionales (UPS) y por último pero no menos importante, estas baterías, si bien están compuestas por ácido y plomo, ambos elementos muy contaminantes y riesgosos para la salud, son las de más fácil reciclaje y con la mayor tasa, en ee.uu, cerca de un 90% de las baterías provenientes desde los autos se recicla. este tipo de baterías fue el que se escogió para el desarrollo del cargador de celular[70], ya que son las que mejor se comportaban a un ciclo constante de carga, como sucedería alimentándose desde el calor de los refrigeradores en constante uso, y son las más fáciles de reciclar, uno de los requisitos del proyecto.[71]

70. véase cargador de celulares pág B042

71. véase requisitos generales pág B040

cargador universal

72. véase cargador de celulares pág B042

73. OMTP (Open Mobile Terminal Platform), «Common Charging and Local Data Connectivity,» OMTP - Open Mobile Terminal Platform, http://www.omtp.org/Publications/Display.aspx?Id=28e758fd-62ba-4bb3-b622-979d2a041d2d.

74. GSMA (Global System for Mobile Communications Association), Universal Charging Solution, http://gsmworld.com/our-work/mobile_planet/universal_charging_solution.htm#nav-.

75. ITU (International Telecommunication Union), Press Release: Universal phone charger standard approved - One-size-fits-all solution will dramatically cut waste and GHG emissions, http://www.itu.int/newsroom/press_releases/2009/49.html.

uno de los puntos más importantes para el proyecto del cargador de celular[72] era el de las especificaciones técnicas de la salida de electricidad, y es que actualmente encontramos una variedad casi tan amplia como modelos teléfonos móviles e hayan puesto en el mercado.

por suerte los principales fabricantes, operadores e importantes agrupaciones, como OMTP[73], GSM[74] e ITU[75] han desarrollado y acogido un estándar, llamado a veces cargador universal, el que debería estar en pleno funcionamiento para el año 2012; éste que se basa en los parámetros de los puertos USB, voltaje de 5 volts y una intensidad entre 0.85 y 1 amperes y puerto de conexión el USB micro b.

este protocolo ya se puede ver implementado en varios equipos móviles, y permite, al unificar, disminuir la cantidad de cargadores y que los mismos se vuelvan desecho por obsolescencia, además el estándar asegura un tipo de cargador eficiente y obliga a los fabricantes de celulares a que cuando el equipo esté cargado recuerde al usuario de desconectar el cargador de la corriente eléctrica para evitar el consumo parásito.

para los intereses de la propuesta, acogerse a este estándar de vanguardia simplifica enormemente la tarea y permite que sea útil para un gran número de equipos.



propuestas



maqueta lámpara de emergecia

propuestas

a continuación se propone algunas alternativas para el uso doméstico de la tecnología de los termogeneradores (TEGs).

cabe decir que al hacer mención de ellas, no cierra en ningún caso el amplio abanico de posibilidades donde pudiera hacerse uso de esta forma de recuperación de energía, y menos se pretende restringir el campo de aplicaciones posibles sólo al entorno residencial o doméstico.

la elección de actuar en esta escala tiene relación las posibilidades de que presenta a nivel comunicacional. dado que la interacción es directa con las personas y en un ambiente más íntimo, permite que los individuos puedan relacionarse de algún modo, de forma directa, con la generación de energía eléctrica, y de una forma descentralizada; y aunque este tipo de energía es cada vez más utilizado, también es uno de los más lejanos, al estar presente de forma natural en formas que no son aprovechables y, por otra parte, a que la mayoría de las fuentes de producción se encuentran alejadas de la vivencia diaria del común de las personas, siendo procesos industriales centralizados, que a lo menos causan una gran perturbación en su entorno, los encargados de producirla.

las propuestas además de aportar futuribles escenarios donde pudiera desembarcar esta tecnología, han servido en gran medida para enfocar los experimentos y las investigaciones realizadas.

son el eje motriz, muchas de las ellas han surgido para darle respuestas a las interrogantes y a las necesidades de enfrentar tal o cual propuesta.

requisitos generales

larga vida útil
la elección de los materiales, componentes y su configuración deben conferir durabilidad.

sencillez de uso y bajos niveles de mantención
las propuestas no deben caer en desuso por ser complicadas de utilizar o por falta de mantención, volviéndose inoperativas y transformándose en desechos de forma prematura.

priorizar componentes de fácil reciclaje y limitar la variedad de éstos
en la elección de materiales debe prevalecer el uso materias de fácil reutilización, como metales, mantener reducida la variedad de éstos y evitar en lo posible el uso de materiales compuestos, que son de gran dificultad para reciclar.

facilitar la separación de los componente
la estructura debe permitir que las partes sean sencillas de desmantelar, ayudando a la tarea de reciclaje de los materiales de las piezas que lo compongan.

referentes

TGK3

es un termogenerador, de origen ruso, que va montado en las tulipas de las lámparas a parafina y que permite alimentar a una radio; fue desarrollado en los años 50 en la unión soviética y permitía mantener comunicación con las zonas dónde no había suministro eléctrico. este es el referente que se ha llevado a producción.



termogenerador TGK3

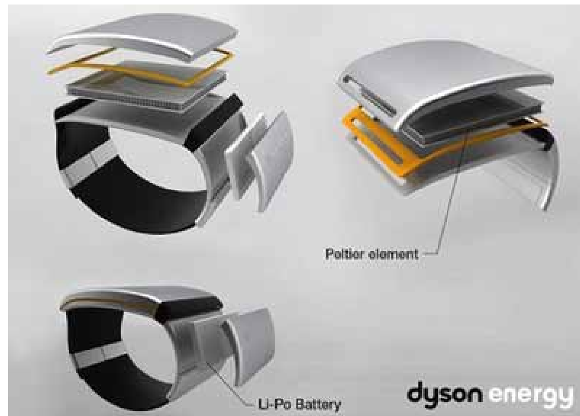


bota con termogenerador de orange

bota orange

es una idea anunciada en el primer semestre del 2010 por la operadora de telefonía móvil inglesa orange, esta es una bota de goma que, con el calor que generan los pies alimentaría a un termogenerador para cargar un celular, se indica que con 6 horas de caminata se podría cargar 1 hora de celular.





brazalete dyson energy

dyson energy

fue el ganador del premio de diseño dyson del año 2009. es un brazalete que podría alimentar a un celular para hacer una llamada de emergencia, con el calor del cuerpo.



cargador de celula-res

como primera propuesta se pensó en un cargador de celular que sea alimentado por el calor que otros electrodomésticos presentes despidan al entorno, en vez de tomar corriente desde la red eléctrica.

primeramente era necesario establecer cual iba a ser el contexto, o el entorno inmediato del cual dependería la alimentación térmica del sistema, esto significó que había que desarrollar una herramienta que permitiera el poder tomar muestras de la temperatura del electrodoméstico en cuestión y del aire circundante[76], así buscar cuales ofrecían una mayor gradiente de temperatura, y no sólo las temperaturas más altas.

de los resultados de las mediciones[77] se obtuvo que el lugar más propicio para implementar el sistema del cargador de celular era en los refrigeradores, lo que determina

76. véase medidor de temperatura pág A035

77. véase mediciones tº aparatos domésticos pág A045

crucialmente el diseño de equipo, teniéndose que dividir en dos instancias distintas el aparato, una el generador, que va emplazado sobre el compresor del refrigerador, y la otra es el cargador/cuna, el que debe quedar sobre las paredes accesibles del electrodoméstico.

uno de los requerimientos iniciales para que fuera viable la propuesta, desde el punto de vista de la usabilidad, es que el tiempo que demorase en cargar un celular con este equipo no fuese significativamente mayor que con un cargador tradicional, lo cual no es un tema menor, considerando que la capacidad de generar electricidad de la placa en las circunstancias que se encontraría[78], no darían abasto para la necesidades energéticas de los celulares, pero por otro lado el tiempo de carga es reducido en contraste con el tiempo que el refrigerador se mantiene encendido, y por extensión nuestro cargador eventualmente generando electricidad, volviéndose a establecer una dualidad o una separación temporal de las distintas instancias, donde por una parte el usuario requiere de un menor tiempo pero de mayor intensidad eléctrica, y por otra tenemos a un generador de funcionamiento constante pero de baja intensidad eléctrica, lo que obliga, para cumplir las expectativas, a crear una suerte de reservorio eléctrico, dónde se acumulase la carga eléctrica para poder ser usada en el momento preciso.

circuito

para cumplir los requerimientos de uso es necesario implementar una serie de procesos en el flujo eléctrico, en su viaje desde la generación, hasta la carga del equipo móvil, cada cual está asociado a ciertos componentes para llevarlo a cabo.

primero se genera la carga eléctrica por medio de una placa TEG, esta electricidad, de muy baja intensidad, hay que convertirla a un rango en el cual se pueda acumular, aquí un micro transformador step-up[79] [80], compuesto por un chip LTC3108[81], la lleva hasta un voltaje de 2.35 que es suficiente para cargar las baterías de ácido[82] de 2volts, en estas baterías se acumula la energía durante todo el tiempo que genera, hasta cuando se enchufa el celular;

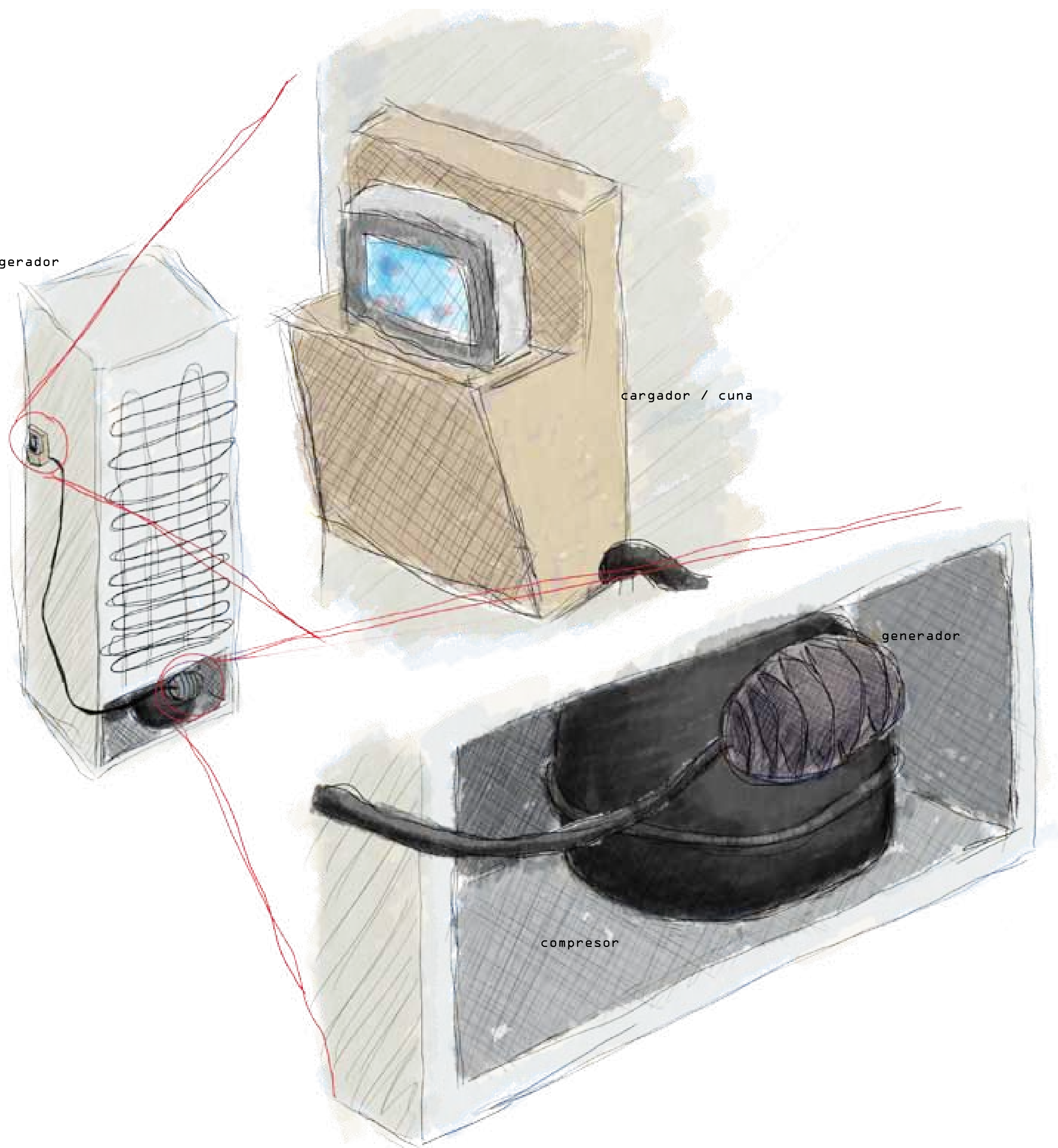
78. véase generación sin carga pág A049

79. véase generación con transformador pág A051

80. véase chip para manejo de electricidad pág B032

81. véase LTC3108 pág B085

82. véase baterías pág B034


refrigerador
cargador / cuna
generador
compresor

en ese momento la electricidad que sale desde las baterías debe volver a ser rectificada hasta los 5 volts, con otro transformador, LT1302, como establece el estándar[83] planteado por la OMTP (open mobil telephone plataform) y sale por un cable con conexión tipo micro USB.

generador

esta pieza del equipo se emplaza sobre el compresor del refrigerador, y es la encargada de transformar el calor que arroja, este componente del refrigerador, en electricidad.

el generador se compone de 3 partes principales; primero, la más esencial de todas, la placa TEG[84], quien hace el trabajo de transformar el calor en electricidad; segundo, una superficie encargada de sujetar el generador al compresor y transportar el calor a la placa; y tercero, un disipador, que se encarga de refrigerar a la placa, para que se logre un diferencial de temperatura. la superficie y el disipador hay que desarrollarlos a la medida de los requerimientos.

superficie

la superficie debe ser de geometría variable[85] para adaptable a la múltiples formas que tiene los compresores de los refrigeradores, y eventualmente, por si fuese utilizado sobre otra fuente de alimentación; la superficie además debe de ser continua, en caso contrario, no podría ser un buen colector de calor, ya que no habría mayormente transmisión de calor por conducción y por el mismo motivo su construcción debiera hacerse en cobre. otra función de la superficie adaptable, es la de brindar fijación a todo el generador en el compresor del refrigerador, esto se haría utilizando imanes de neodimio, incrustados en las geometrías de la misma superficie, tomado como referencia la experiencia del medidor[86].

disipador

este componente encargado de mantener el diferencial de temperatura, tiene que ser pensado para la situación específica donde iba a ser utilizado[87]; de funcionamiento pasivo, ya que no cuenta con un ventilador,

83. véase cargador universal pág B036

84. véase TEG pág B084

85. véase superficies adaptables pág A056

86. véase medidor de temperatura pág A035

87. véase disipadores pág B027

las palas de éste deben mantener un mayor distancia, el color debe ser oscuro para mejorar la emisividad, con respecto a la forma de sus palas se prefiere el uso de los perfiles cilíndrico sobre los planos, ya que permiten un mejor flujo de aire en cualquier posición que se oriente.

cargador / cuna

este componente, se pensó para se puesto en una de las paredes del refrigerador y eventualmente para uso de sobre mesa, se conecta por medio de un cable al generador que lo alimenta, debe acoger al equipo celular a cargar y contiene todos lo componentes eléctricos, circuitos y baterías.

su forma debe ser capaz de recibir al celular, se pensó principalmente en equipos tipo touch, iphone y parientes, que es la tendencia que manda[88]. la forma de conexión eléctrica, en busca de ser lo más abarcante posible, es por medio de un cable micro USB, siguiendo el protocolo de cargador universal[89], se hacía imposible utilizar una salida rígida, del tipo de los docking station, ya que la posición del puerto de alimentación varía demasiado entre cada modelo de celular. otro factor significante para dimensionar esta pieza es su rol de albergar las baterías que son bien voluminosas, los circuitos son de dimensiones insignificantes.

88. véase maquetas celulares pág A037

89. véase cargador universal pág B036

lámpara de emergencia

de los auspiciosos resultados de las experimentaciones[90] para la propuesta anterior nace la idea de hacer una lámpara de emergencia.

resulta que la propuesta anterior, bajo el prisma de los objetivos que tenían[91], no estaba cumpliendo del todo bien: se había tornado una pieza altamente compleja, no sólo en su calidad técnica, por la cantidad de requerimientos para el flujo eléctrico, para su montaje, etc.; también trabajaba en dos instancias separadas, el cargar y el generar, con funciones más oscuras, donde la causalidad de los hechos, el cómo se genera la electricidad, desaparece de la vista del usuario detrás de un cable que se sumerge en ocultas partes de un refrigerador, dejando relegada la intensión de un dialogo y reflexión que se espera para el usuario sobre el tema de la eficiencia energética; el proyecto atiende a una función menos inmediata y directa, que el sutil e instintivo acto de iluminar; además y no menos importante la cantidad de piezas y componentes se estaba elevando, complejizando un proceso de reciclaje posterior a su vida útil.

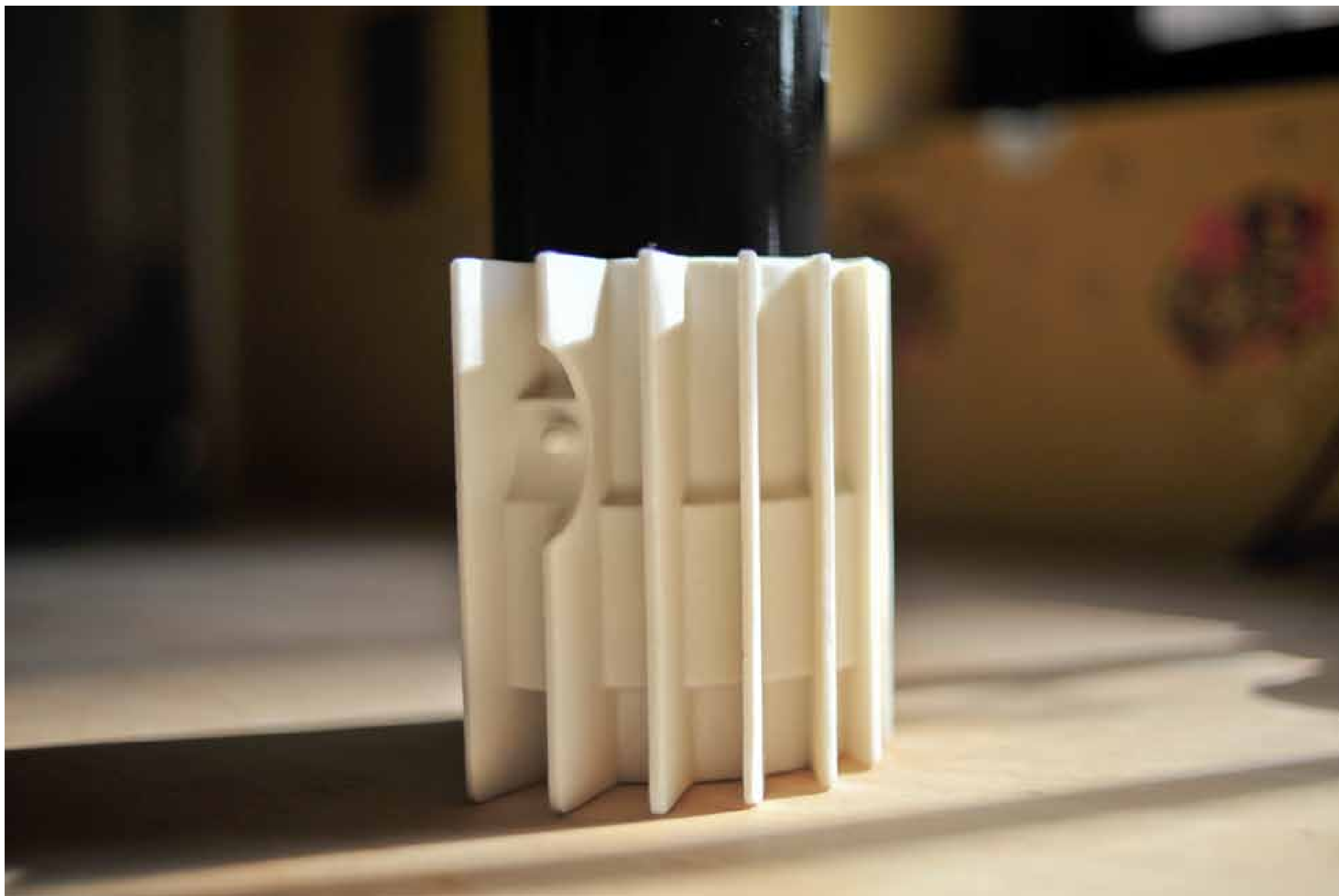
una lámpara de emergencia que se adosa a una botella, es un objeto, una función y uso más simple, más sencillo, una respuesta mucho más



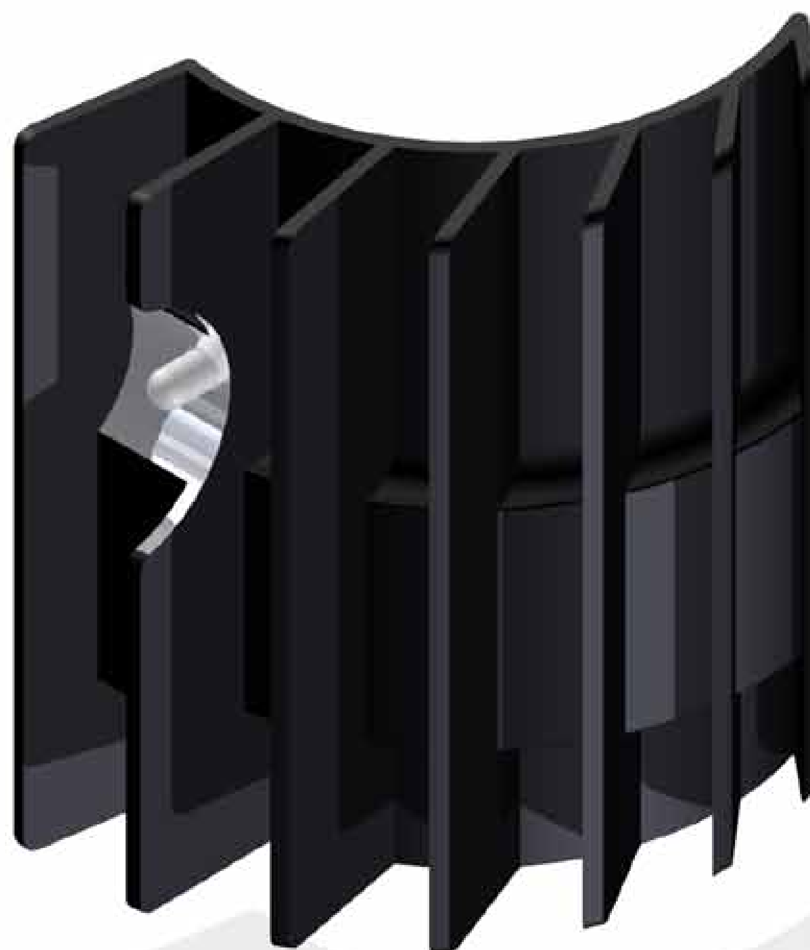
maqueta en botella

90. véase prueba luz agua/agua pág A052

91. véase requisitos generales pág B040



maqueta hecha en impresora 3d



render del modelo

elegante, en todo aspecto; con esto, recalco, no quiero ir en desmedro de la propuesta anterior, ni menos plantearla como inviable, pero sí y sólo sí bajo la óptica de los principios antes aducidos era una alternativa más lejana a éstos.

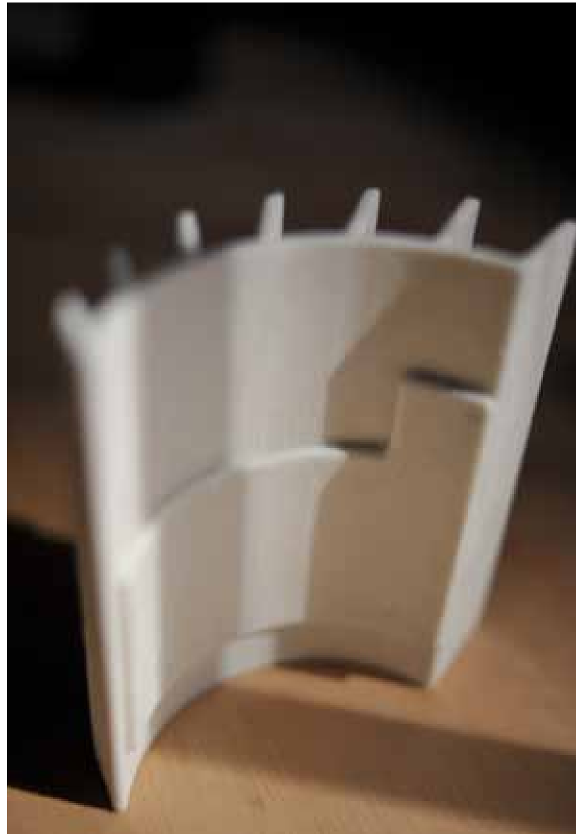
las situaciones de uso para esta propuesta son los entornos donde los suministro se ven afectados, en casos de emergencias, como catástrofes naturales, se producen desabastecimientos de baterías, y en el caso de campamento las baterías imponen un alto peso, son contaminantes al desecharlas y pierden rápidamente carga con el frío; y es que en ambos casos una fuente de energía que es irrenunciable es el calor, independiente cómo, siempre es necesario tanto para la cocción de alimentos, como para la sanitización del agua, es más, la mayoría de los alimentos para ambas situaciones, funcionan en base a agua caliente, fideos, sopas, arroz, café y aprovechando este hecho, se usa el calor emanado del agua de su cocción o directamente del alimento, como



puede ser el caso de un café o una sopa, al meterlo en una simple botella y aprovechar el calor que emana por las paredes de ésta.

las partes que componen a esta lámpara son un colector de calor, un par de placas termogeneradoras, de dimensiones más acotadas que la disponible para los estudios, un circuito transformador, una funda de neopreno, un disipador, y un led, distribuidos de forma concéntrica.

la placa que da hacia el interior es el colector de calor, está hecho de



cara interior



cobre, y es el encargado de llevar el calor de la botella a las palcas generadoras; su forma acoge a los contornos de la botella.

la funda de neopreno tiene tres funciones, la de fijar entorno al cuerpo de la botella a la lámpara y el de evitar que el calor de la botella se pierda por las partes de la botella que no están en contacto con el colector, y por último aislar el colector del disipador, para que el calor pase a través de las placas termogeneradoras.

la placa de circuitos es la encargada transformar la electricidad producida por las placas a un voltaje lo suficientemente alto para prender un led, el corazón es el mentado chip LTC3108[92], pero también podría

92. véase LTC3108 pág B085

utilizarse el recién anunciado (julio 2010) LTC3109[93], que permite trabajar con un diferencial de temperatura inverso, un interior de la botella más frió que el exterior, aumentando la versatilidad. en su construcción se utilizaría componentes de montaje superficial para minimizar su tamaño.

el disipador se realizaría en aluminio anodizado negro, por su bajo peso, buena conducción, buen grado de emisividad y mayor resistencia mecánica que el cobre[94]. no sólo está encargado de refrigerar a las placas TEGs, también es el contenedor de todo los componentes, y entre éste y el colector es que se fija por presión la funda de neopreno. la geometría del disipador es la más significativa, la distribución de las palas está dada desde un radio excéntrico, que perite tanto tener la suficiente distancia entre ellas, demanda de los disipadores pasivos, como el mantener un tamaño acotado del producto en general, además brindan protección a los componentes al dejarlos retrocedidos, evitando golpes directos, en especial al led, además las irregularidades que ofrece la geometría al contener los componentes, permitiría romper con el flujo laminar[95]; el sacado donde se

93. véase LTC3109 pág B096

94. véase disipadores pág B027

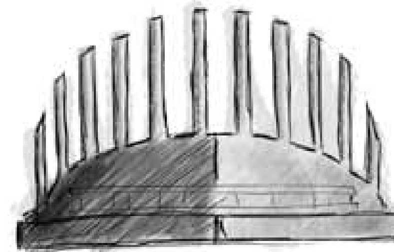
95. véase disipadores pág B027



ubica el led permite, además de darle protección, un acabado brillante sobre la superficie negra del resto de disipador haciendo las veces de reflector.

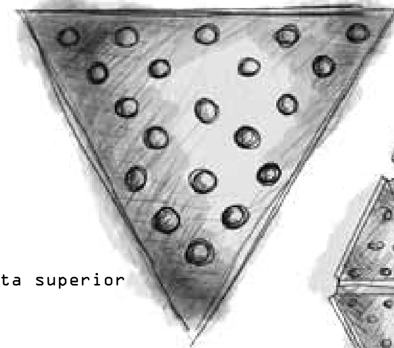
superficie adaptable para gene- ración de electrici- dad

esta última propuesta de orden más genérico que las anteriores, y es un poco una mezcla; lo que se plantea es una superficie adaptable, como las estudiadas para el caso del generador del cargador de celular[96], que genera electricidad, sin una finalidad específica, y sin integrar un sistema de baterías, y sin estar orientado a algún entorno específico; pero en este caso lo circuitos de rectificación de corriente se integran directamente sobre el generador, las superficies son autónomas, pero modulares, para que pueda ir escalando en medida de la necesidad de electricidad y de la disponibilidad de calor a colectar. funciona bajo los mismo principios, un colector, una placa termogeneradora, un disipador y la circuitería correspondiente para estabilizar el flujo eléctrico.

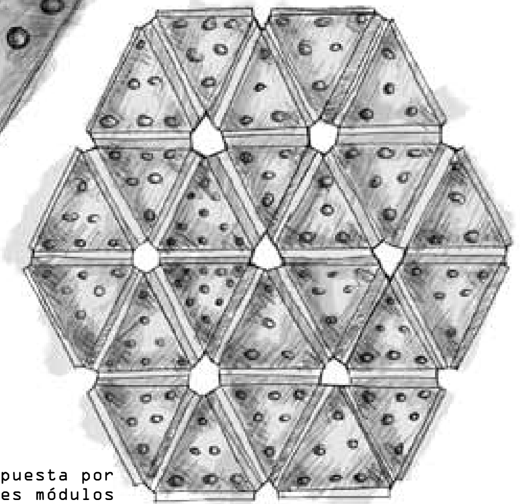


vista frontal

96. véase superficies adaptables pág A056



vista superior



superficie compuesta por múltiples módulos

bibliografía



bibliografía

Animated Engines. Animated Engines! www.animatedengines.com.

Bauman, Zygmunt. La Globalización, Consecuencias Humanas. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica de Argentina S.A., 1999.

—. Trabajo, Consumismo y Nuevos Pobres. Barcelona: Editorial Gedisa S.A., 1998.

—. Vidas Desperdiciadas. La modernidad y sus parias. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica S.A., 2005.

CDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) . http://cdiac.ornl.gov/.

CNA (Center for Naval Analyses). National Security and the Threat of Climate Change.

CNE (Comisión Nacional de Energía). Balance Nacional de Energía 2008. Santiago , R.M., 2008.

CNE (Comisión Nacional de Energía). Contexto y Enseñanzas Internacionales para el Diseño de una Estrategia Energética a Largo Plazo para Chile. Prod. Global Development Advisor Dalberg. Santiago, R.M., 2008 ййй 15-Agosto.

CNE (Comisión Nacional de Energía). Diseño de un Modelo de Proyección de Demanda Energética Global Nacional de Largo Plazo. Prod. Raul O'Ryan. Santiago, R.M., 2008 ййй 30-Junio.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). Extensión de la Desertificación en Chile. http://www.conaf.cl/?seccion_id=8ad00d8dd61d22aa152575a1e5c08e58&unidad=0&.

Correa García-Huidobro, María Virgina. Termorganic. Sistema de calefacción natural y económico. Santiago, R.M., 2008.

Earth Policy Institute. Plan B Updates - 56: Setting the Record Straight - More than 52,000 Europeans Died from Heat in Summer 2003. http://www.earth-policy.org/index.php?/plan_b_updates/2006/update56.

EIA (Energy Information Administration). International Energy Annual 2006.

—. Official Energy Statistics from the U.S. Government. http://www.eia.doe.gov/.

El Mercurio S.A.P. El calentamiento global provocará cambios radicales en el uso del suelo sureño. http://diario.elmercurio.cl/detalle/index.asp?id={a6eeeb91-4602-4411-9050-ea92c12c5588}.

eMachineShop.com. New Simplified Heat Engine Rotary Stirling Engine Project. http://www.emachineshop.com/machine-shop/New-Simplified-Heat-Engine/page150.html.

Exergia. Solaris Solar Stirling Engine. Instruction Manual.

Garrett, Steven, and Scott Backhaus. The Power of Sound. http://www.americanscientist.org/issues/id.858,y.2000,no.6,content.true,page.1,css.print/issue.aspx.

GSMA (Global System for Mobile Communications Association). Universal Charging Solution. http://gsmworld.com/our-work/mobile_planet/universal_charging_solution.htm#nav-.

Guzmán H., Lorena. "Hoy comienza la cumbre que definirá laestrategia gloabal contra el cambio climático." El Mercurio S.A.P., Diciembre 2009: A12.

Gyroscope.com. Gyroscope.com - gyroscopes, educational toys and gadgets. http://gyroscope.com/.

Harribey, Jean-Marie. "Necesaria crítica al capitalismo, combatir la pobreza y preservar el ecosistema." In Salvar el Planeta. Selección de Artículos de Le Monde Diplomatique, by varios, 26-27. Santiago, R.M.: Editorial Aún Creemos en los Sueños, 2003.

Heidegger, Martin. Filosofía, ciencia y técnica. 5ta. Santiago, R.M.: Editorial Universitaria, 2007.

Hensel, Michael, and Achim Menger. "Versatility and Vicissitude. Performance in Morpho-Ecological Design." Architectural Design. Vol. 78. Londres, 2008 ййй Marzo-Abril.

Hirata, Koichi. Simple Performance Prediction Method for Stirling Engine. www.bekkoame.ne.jp/~khirata/academic/simple/simplee.htm.

INE (Instituto Nacional de Estadisticas de Chile). Enfoque Estadístico, Distribución y Consumo Energético en Chile. 2008 ййй Septiembre.

—. INE - Instituto Nacional de Estadisticas de Chile. www.ine.cl.

INE (Instituto Nacional de Estadisticas de Chile). Medio Ambiente, Informe Anual 2007. Santiago, R.M., 2009 ййй 30-Enero.

Instructables. http://www.instructables.com/.

ITS (International Thermoelectric Society). International Thermoelectric Society Promoting the role thermoelectric technology may play in environmental impact and mitigating global climate change.

ITU (International Telecommunication Union). Press Release: Universal phone charger standard approved - One-size-fits-all solution will dramatically cut waste and GHG emissions. http://www.itu.int/newsroom/press_releases/2009/49.html.

Jameela Designs. The Solar Powered Diaphragm Stirling Engine. http://www.jameeladesigns.co.uk/.

Klein, Naomi. La Doctrina del Shock, El Auge del Capitalismo del Desastre . Buenos Aires: Editorial Paidos, 2008.

LANL (Los Alamos National Lab). Design Environment for Low-amplitude ThermoAcoustic Energy Conversion. http://www.lanl.gov/thermoacoustics/DeltaEC.html.

—. LANL Thermoacoustics Home Page. http://www.lanl.gov/thermoacoustics/.

Leonard, Annie. The History of Stuff. Documental. Produced by The History of Stuff Project y Free Range Studios. 2008.

Leonard, Annie, Jonah Sachs, and Louis Fox. The History of Cap & Trade. Documental. Produced by The Story of Stuff Project y Free Range Studios. 2009.

OMS (Organización Mundial de la Salud). Clima y Salud. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/es/index.html.

OMTP (Open Mobile Terminal Platform). «Common Charging and Local Data Connectivity.» OMTP - Open Mobile Terminal Platform. http://www.omtp.org/Publications/Display.aspx?Id=28e758fd-62ba-4bb3-b622-979d2a041d2d.

Pachauri, Rajendra Kumar. "El imperativo climático." COP15 Conferencia de la ONU sobre el Cambio Climático, Copenhague. http://es.cop15.dk/news/view+news?newsid=1640.

Pahl, Greg. Natural Home Heating, The Complete Guide to Renewable Energy Options . Chelsea Green Publishing Company, 2003.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido. Nueva York, Nueva York: Grupo Mundi-Prensa, Mundi-Prensa Libros, s.a., 2007.

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). GEO4 Perspectivas del Medio Ambiente Mundial, medio ambiente para el desarrollo. 2007.

PPEE (Programa País de Eficiencia Energética). Programa País de Eficiencia Energética - La Buena Energía. http://www.ppee.cl.

Rising Tide International. Hidden statistics: environmental refugees. http://web.archive.org/web/20050223042051/http://www.risingtide.nl/greenpepper/envracism/refugees.html.

Rod Elliott, ESP. ESP - Heatsink design and transistor mounting. http://sound.westhost.com/heatsinks.htm.

Sabine, Christopher L., et al. "The Oceanic Sink for Anthropogenic CO2." Science, 2004 ййй 16-Julio: 367-371.

SES (Stirling Energy System). A Global Leader in the Utility Scale Solar Electric Market. www.stirlingenergy.com.

Siemens. NX Transforming the process of innovation. http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/index.shtml.

Tellurex. Power Generation Products. http://www.tellurex.com/products/power.php.

UNEP (United Nations Environment Programme). GLOBAL OUTLOOK FOR ICE&SNOW. Prod. DEWA (Division of Early Warning and Assessment). 2007.

UNSW School of Physics Sydney, Australia. Electric motors and generators. http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/electricmotors.html.

Urieli, Israel. Stirling Cycle Machine Analysis. http://www.ent.ohiou.edu/~urieli/stirling/me422.html.

WADE (World Alliance for Decentralized Energy). Stirling Engines. http://www.localpower.org/deb_tech_se.html.

Warfield, Robert W. Stirling Engine Generator. http://www.cnccookbook.com/CCStirlingGenerator.htm.

WhisperGen. WhisperGenTM heat and power systems. http://www.whispergen.com/main/technology/.

White, Lee A. The How and Why of the Stirling Engine. http://www.sesusa.org/StirlingPrimer.htm.

Wikipedia. Calentamiento global. http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global.

—. Ciclo de Carnot. es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_Carnot.

—. Cosmos 1. http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmos_1.

—. Cyttaria espinosae. http://es.wikipedia.org/wiki/Cyttaria_espinosae.

—. Efecto Invernadero. http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_invernadero.

—. Efectos potenciales del calentamiento global. http://es.wikipedia.org/wiki/Efectos_potenciales_del_calentamiento_global.

—. Flujo laminar. la enciclopedia libre Wikipedia. http://es.wikipedia.org/wiki/Flujo_laminar.

-. Global warming. http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming.

-. Gotland class submarine. http://en.wikipedia.org/wiki/Gotland_class_submarine.

-. Incandescent light bulb. http://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb.

-. Motor Stirling. http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_Stirling.

-. Pequeña Edad de Hielo. http://es.wikipedia.org/wiki/Pequeña_Edad_de_Hielo.

-. Período cálido medieval. http://es.wikipedia.org/wiki/Óptimo_climático_medieval.

-. PET film (biaxially oriented). http://en.wikipedia.org/wiki/PET_film_(biaxially_oriented).

-. Radioisotope thermoelectric generator. http://en.wikipedia.org/wiki/Radioisotope_thermoelectric_generator.

-. Shrink Small-Outline Package. http://en.wikipedia.org/wiki/Shrink_Small-Outline_Package.

-. Steinhart-Hart equation. http://en.wikipedia.org/wiki/Steinhart-Hart_equation.

-. Stirling engine. http://en.wikipedia.org/wiki/Stirling_engine.

-. Stirling radioisotope generator. http://en.wikipedia.org/wiki/Stirling_Radioisotope_Generator.

-. Termistor. http://es.wikipedia.org/wiki/Termistor.

-. Termopar. http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar.

-. Thermoacoustic hot air engine. en.wikipedia.org/wiki/Thermoacoustic_hot_air_engine.

-. Thermocouple. http://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple.

-. Thermoelectric cooling. http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoelectric_cooling.

-. Thermogenerator. http://en.wikipedia.org/wiki/Thermogenerator.

—. Thermohaline circulation. http://en.wikipedia.org/wiki/Thermohaline_circulation.

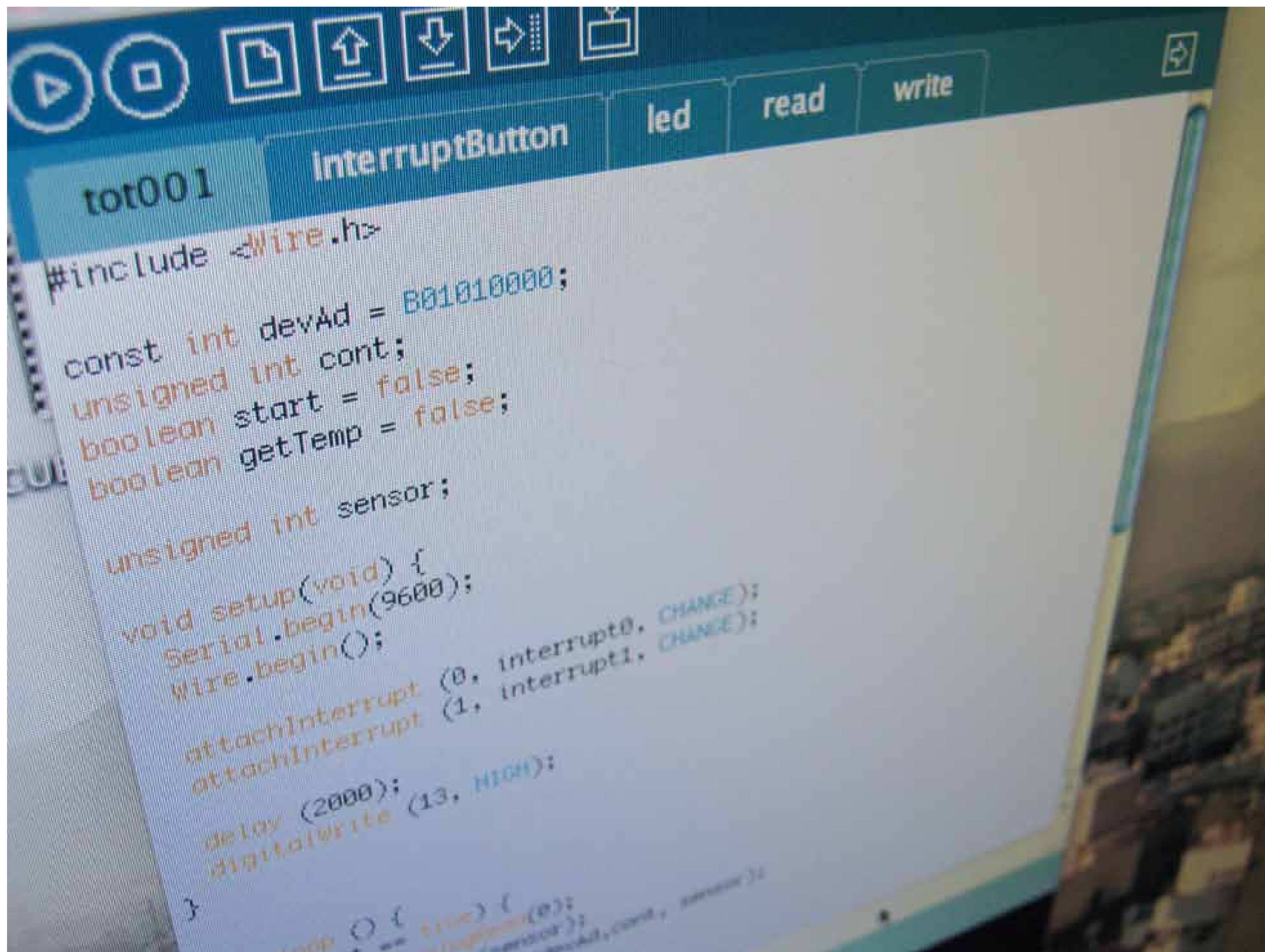
—. Thomas Johann Seebeck. http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Johann_Seebeck.

World Bank. World Indicators.

WRI (World Resource Institute). Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 6.0. Washington, D.C.

Wu, Shaopeng, Bo Li, Hong Wang, and Jian Qiu. "Numerical Simulation of Temperature Distribution in Conductive Asphalt Solar Collector due to Pavement Material Parameters." Materials Science Forum 575 - 578 (Abril 2008): 1314-1319.

anexos



tot001
interruptButton
led
read
write
#include <Wire.h>
const int devAd = B01010000;
unsigned int cont;
boolean start = false;
boolean getTemp = false;
unsigned int sensor;
void setup(void) {
Serial.begin(9600);
Wire.begin();
attachInterrupt (0, interrupt0, CHANGE);
attachInterrupt (1, interrupt1, CHANGE);
delay (2000);
digitalWrite (13, HIGH);
}

mediciones temperatura

estos son los todos los registros de temperaturas realizados, con las anotaciones tomadas en cada caso, en los resultados sólo se consideró las temperaturas relevantes, excluyéndose los errores de los sensores y las mediciones de aclimatación.

01) 09.05.10 - 10.05.10

compresor refrigerador whirlpool
casa primas

hr de instalación 22.40
hr de comienzo de grabación 23.40
hr de término 2.40 / 10.05.10

resultados:

diferencial promedio: -
máximo diferencial: -

observaciones previas:

se procederá a esperar cerca de 1 hr antes de comenzar el registro de las temperaturas, esperando a que el dispositivo adquiera la temperatura final de trabajo, "aclimatándose" al refrigerador. se hace esta consideración, la espera de 1 hr, ya que este electrodoméstico se mantiene encendido todo el día, por lo que no debería el registro de temperaturas mostrar las oscilaciones de encendido apagado. se realizarán 180 muestreos con un intervalo de 1 minuto entre cada uno, lo que traduce en 3hrs de muestreos.

cada uno de los registros, de un minuto de duración, es la media resultante de 59 tomas por minuto.

el dispositivo cuenta con 2 sensores de temperatura, uno ubicado en una cara caliente compuesta por una placa de cobre y el otro ubicado del anterior separado por una placa aislante, madera, y en contacto con la cara fría que es un disipador de aluminio.

microprocesador alimentado por transformado alcatel de 5v.

observaciones finales:

medición arrojó error, no hay lectura de 1 sensor.

el otro arroja valores no probables.

el medidor debe tener su colector de calor de forma que toque al compresor del refrigerador, para facilitar el traspaso de calor por conducción. de forma táctil se comprobó que el colector se encontraba a una temperatura muy inferior a la del compresor.

02) 10.05.10

televisor crt daewoo 19'

hr comienzo 18.50
hr término 21.50

resultados:

diferencial promedio: 3.1ºC
máximo diferencial: 3.3ºC

observaciones previas:

procedimiento de muestreo igual al anterior, salvo el tiempo de espera inicial, ya que se considera el uso del televisor puede ser de forma discontinua, lo que implica repetidas oscilaciones térmicas.

observaciones finales:

se observa una amplia diferencia con respecto a la temperatura ambiente percibida, estimada en 19ºC, pero no entre sus dos caras, siendo que el traspaso de calor desde el lado del colector hacia el disipador debe ser mínima, o a lo menos menor que lo que transmitirá la placa termogeneradora, se presume que la temperatura del disipador se debe al aire circundante tiene tal temperatura, por lo que no se prestaría como un entorno propicio.

03) 10.05.10 - 11.05.10

refrigerador general electric

hr del montaje 22.30
hr de inicio 23.30
hr término 02.30

resultados:

diferencial promedio: 1.5ºC
máximo diferencial: 1.7ºC

observaciones previas:

versión remasterizada de la medición sobre refrigerador. se le adicionaron soportes magnéticos al dispositivo para fijación en superficies hierro, como las paredes de los

refrigeradores.
se procede a la espera de 1hr aprox. antes del comienzo del registro.

observaciones finales:
no se puede obtener una gradiente de temperatura suficiente, el diferencial apreciado es entre 1 y 0.5 grados mayor que el rango de error de los sensores.

04) 11.05.10 - 12.05.10
refrigerador whirlpool, casa de primas

hr de montaje 21.45
hr de inicio 22.45
hr término 01:45

resultados:
diferencial promedio: 10.9ºC
máximo diferencial: 14.8ºC

observaciones previas:
para esta medición se realizaron modificaciones al dispositivo con los sensores, éstas son, un rebaje en la distancia desde la paredes exteriores a la placa de cobre colectora de calor, para permitir o mejorar el traspaso de calor por conducción, contacto directo entre los cuerpos, y se le incorporaron fijaciones magnéticas en todas las caras, a modo de tentáculos para dar un mejor agarre en superficies de hierro.

observaciones finales:
a primera vista se puede apreciar que las modificaciones sobre la morfología del medidor han dado grandes resultados, ahora se puede observar diferenciales de temperatura de 15ºC, con temperaturas en el punto de captura por sobre los 45ºC. pareciera que es un buen punto de partida el utilizar refrigeradores.

05) 13.05.10
torre computador escritorio sandra (AMD athlon X3, anno 2009 circa)

hr de inicio 13.35
hr término 16.35

resultados:
diferencial promedio: 1.4ºC
máximo diferencial: 1.8ºC

observaciones finales:
se aprecia a primera vista un diferencial cercano a los 2ºC,

parece poco provechoso. poner atención a temperaturas de disipador que se disparan por unos minutos, fuera de los rango normales, sin razón aparente, puede ser que las anomalías se den por interferencias electromagnéticas que se cuelan en las señales de lectura del sensor, provenientes del computador, a modo de ejemplo se sabe que la presencia de tubos de luces fluorescentes alteran las lecturas de sensores. revisar lecturas anteriores para ver consistencia de las lecturas.

06) 13.05.10 - 14.05.10

torre computador casa (AMD athlon XP 2000, anno 2002 circa)

hr de inicio 23:05
hr término 02:05

resultados:

diferencial promedio: 4.7ºC
máximo diferencial: 5.2ºC

observaciones finales:

se aprecia como se va elevando la temperatura a medida que pasa el tiempo. pasada la primera hora recién se estabiliza la temperatura llegando a un diferencial de trabajo cercano a los 5ºC, esta diferencial con el caso anterior puede deberse a que computadores más recientes son más eficientes en sus componentes y por lo tanto producen menos calor. por suerte esta vez no se observaron lecturas irregulares, puede deberse a que la parte de registro de instrumento se emplazó más lejos de la torre del computador, en el caso anterior se había dejado encima de ella.

07) 14.05.10

refrigerador casa, general electric

hr de inicio 11.30
hr de término 14.30

resultados:

diferencial promedio: 1.6ºC
máximo diferencial: 2.1ºC

observaciones previas:

segunda medición del mismo refrigerador, esta vez con el sensor con su distancia del colector a la superficie emisora reducida. por motivos de tiempo no se realizó la hr de espera para

aclimatación del sensor.

observaciones finales:
la reducción de espacio para el colector de calor no fue significativa para este tipo de refrigerado que tienen protegidos los compresores dentro de un compartimiento. habría que hacer mediciones directamente sobre el compresor.

08) 14.05.10 - 15.05.10
monitor crt sony 19'

hr de inicio 23:50
hr estimada de termino 02:50

resultados:
diferencial promedio: 1.4ºC
máximo diferencial: 1.7ºC

observaciones previas:
se le agregaron garfios para montaje vertical sobre superficies perforadas, como son las paredes de los monitores, televisores, etc. que no sean de hierro, por lo que el montaje con soportes magnéticos es inútil. la posición vertical del dispositivo debiera ayudar a que la gradiente de temperatura fuera mayor, debido a que el disipador se emplazaría fuera del flujo de aire caliente proveniente del electrodoméstico, además se consideró alinear la paletas de disipador en forma vertical para mejorar la ventilación por convección.

observaciones finales:
no presenta ninguna mejora significativa, diferencia entre las caras menor a 2ºC

09) 15.05.10
refrigerador fensa dpto nonna

hr de montaje 17.50
hr de inicio 18.05
hr término 21.05

resultados:
diferencial promedio: 7.8ºC
máximo diferencial: 10.0ºC

observaciones previas:
se montó el sensor directamente sobre el compresor, se redujo el aclimatamiento por falta de tiempo. es probable que para obtener un muestreo más grande sea necesario acortar a 2hr el tiempo de toma de temperaturas y omitir directamente la aclimatación

del sensor, dado que realizar una medición con todos los protocolos antes establecidos significaban cerca de 4.30hrs por sesión, dificultando mucho la disponibilidad de para realizarla en diversos lugares.

observaciones finales:

se aprecia oscilaciones propias del encendido y apagado del compresor del refrigerador en su ciclo normal de funcionamiento. las primeras lecturas son de temperaturas más bajas debido a que no se puede operar durante tanto tiempo y se decidió reducir el periodo de aclimatamiento a sólo 15 min. el rendimiento en general es bueno, cerca de 10°C de diferencia.

10) 15.05.10 - 16.05.10

televisor crt sony 25', casa primas

hr de inicio 23.10
hr término 01.10

resultados:

diferencial promedio: 1.4°C
máximo diferencial: 1.7°C

observaciones previas:

se redujo el tiempo de muestreo a 2 hrs, para priorizar el poder tomar más muestras diversas, además de intentar disminuir el tiempo requerido de quienes prestaron los electrodomésticos a ser medidos. el montaje fue vertical, para aprovechar las ventilaciones del televisor y mejorar el flujo de aire del propio sensor, las laminas del disipador están orientadas en vertical para mejorar sus enfriamiento por convección.

observaciones finales:

la diferencia de temperaturas en mínima.

11) 16.06.10

horno de cocina albin trotter, puesto a 180°C

hr de inicio 13.50
hr término 15.50

resultados:

diferencial promedio: 19.5°C
máximo diferencial: 25.9°C

observaciones previas:

se van a hacer mediciones por dos

horas. el sensor fue emplazado en la parte posterior de la cocina, donde se ubica la salida de gases del horno.

observaciones finales:
hasta el momento este ha sido la mejor medición obtenida, con diferencias máximas en el margen de los 20ºC, que si bien la medición es buena, esperaba una mayor diferencia con respecto a un refrigerador. hay que mencionar que cerca de 40 min después de apagado el horno sigue habiendo 8ºC de gradiente, lo cual significa que el periodo de tiempo en el cual se cosecharía energía es bastante mayor que el tiempo que permanece encendido el horno.

12) 16.05.10 - 17.05.10
refrigerador sandra, marca fensa.

hr de inicio 22.50
hr estimada de término 00.50

resultados:
diferencial promedio: 5.9ºC
máximo diferencial: 6.9ºC

observaciones previas:
medición realizada sobre el compresor del refrigerador durante 2hrs, sin tiempo de aclimatación.

observaciones finales:
después de estabilizada la temperatura del sensor, presenta una gradiente cercana a 6ºC, la más baja observada hasta el momento en un refrigerador con compresor expuesto.

13) 17.05.10
salida de gases caldera casa

hr de inicio 06.00
hr de término 08.00

resultados:
diferencial promedio: -
máximo diferencial: -

observaciones previas:
se instaló el sensor en el ducto de salida de gases de combustión de la caldera, si fijó por medio de una amarra porque el tubo está fabricado con un metal no ferroso, tornando inútiles los anclajes magnéticos.

observaciones finales:

revisar sensor, datos erráticos, el disipador presenta temperatura más alta que el colector de calor.

14) 17.05.10 - 18.05.10

horno de cocina mademsa, casa matías

hr de inicio 22.50
hr de finalización 01.50

resultados:

diferencial promedio: 32.0ºC
máximo diferencial: 39.4ºC

observaciones previas:

se montó el sensor sobre la salida de gases del horno, con las paletas del disipador dispuestas en forma vertical, para favorecer su refrigeración.

observaciones finales:

se observa que la aislación del horno es menos efectiva que en el caso de el modelo albin trotter probado, ya que se alcanza temperaturas mayores en la salida de gases del horno y que su inercia térmica es menor, ya que una vez apagado el horno la temperatura descendió rápidamente. la medición de 3hrs fue por un error en la programación, pues se tenía planeado realizarla sólo por 2hrs.

15) 18.05.10

caldera marca anwoo, casa

hr de inicio 10.10
hr de término 11.10

resultados:

diferencial promedio: 5.8ºC
máximo diferencial: 7.8ºC

observaciones previas:

medición corta sobre salida de gases de la caldera, la medición será de 60 min ya que sólo se mantendrá encendida para proporcionar el agua caliente para 1 ducha, de cerca de 15 min, el tiempo restante servirá para medir la inercia térmica del sistema.

observaciones finales:

se observa una transferencia de calor no muy alta desde la salida de gases hasta el colector de calor, lo que se puede deber a que, primero los ductos de salida de gases parecen ser de doble pared o con algún otro tipo de aislación térmica, y por el otro

lado dado la geometría circular de los ductos, el contacto con el colector de calor no era muy bueno. de todas formas se logra obtener una gradiente que bordea los 8ºC.

16) 18.05.10

refrigerador casa milena

hr inicio 16:10
hr de término 18:10

resultados:

diferencial promedio: 4.1ºC
máximo diferencial: 5.0ºC

observaciones finales:

se retiró compuerta para tener acceso directo al compresor pero aún así las lecturas fueron bajas, puede deberse a que el refrigerador es de tecnología más nueva y más eficiente, que la temperatura de la casa es era baja por lo que el refrigerador no tiene necesidad de prenderse mucho y la temperatura del disipador similar al colector debe estar influenciada por lo encerrado del lugar donde se ubica el refrigerador.

17) 18.05.10

horno eléctrico moulinex casa dany

hr de inicio 22.10
hr de término 23.10

resultados:

diferencial promedio: 5.3ºC
máximo diferencial: 6.4ºC

observaciones previas:

prueba de 1 hr. se acortó el tiempo de medición en virtud del tiempo de uso de estos electrodomésticos, los cuales en general no se prenden por más de 20 min por vez, lo que nos deja un margen para medir la inercia térmica del electrodoméstico.

observaciones finales:

al tacto, las caras exteriores del horno, que fue fijado a una temperatura entre 70 y 110ºC, se sentían muy calientes, pero las mediciones nos ofrecen resultados bastante menos prometedores de los esperados, debe tratar de la pequeña brecha que queda entre el colector de calor y las paredes del horno las que evitan la absorción del calor, además que es

probable que se necesiten períodos de uso más largo para vencer la propia inercia térmica.

18) 19.05.10

secadora de ropa de fran marca consul

hr de inicio 11.40
hr de finalización 13.10

resultados:

diferencial promedio: 9.5°C
máximo diferencial: 12.2°C

observaciones previas:

se realizará una medición de 90 min sobre la secadora, el sensor se montó en la cara posterior de la misma.

19) 19.10.05

horno eléctrico de sobremesa marca somela , casa fran

hr de inicio 13.30
hr de término 14.30

resultados:

diferencial promedio: 12.1°C
máximo diferencial: 14.9°C

observaciones previas:

se montó el sensor sobre la cara inferior del aparato, que es la cara sobre la que reposan las resistencias que calientan el horno, en su costado interior. se realizó una medición de 60 min, siendo que el horno se mantuvo encendido por cerca de 20, tiempo para calentar un poco de comida, y los restantes 40 min sirven para tener una idea general de la inercia térmica del horno.

observaciones finales:

en el inicio de la medición presenta un descenso, que se debe a que el sensor mantenía su propia inercia térmica de la medición anterior, por lo que se encontraba a una temperatura mayor que la del horno al momento de encender éste último.
rango cercano a los 12°C.

20) 19.05.10

olla de acero inoxidable, cocina fuego medio, castañas en almíbar

hr de inicio 19.45 (primer intento)
hr de inicio 20.30
hr de finalización 22.30

resultados:
diferencial promedio: 16.6°C
máximo diferencial: 18.1°C

observaciones previas:
la fijación del sensor debió realizarse con amarras, ya que los magnetos se adhieren levemente, debe ser por el bajo contenido de hierro del acero inoxidable. la orientación del disipador es horizontal, que no es la posición recomendable para orientar haca arriba la salida del cable de comunicación y alejarlo del calor. se debió remover los magnetos de la parte inferior porque se estaban empezando a quemar, subsanado esto se retomó el experimento.

por razones desconocidas se paralizó la medición en el minuto 22, se retomó para seguir con 90 minutos más de medición.

observaciones finales:
los rangos de temperatura son bastante buenos, y por tiempo prolongado, incluso después de apagada la cocina la olla se mantiene caliente un buen rato, pero presenta inconvenientes para trabajar con el receptáculo, al tener un aparato con un cable adherido, maniobrar la olla se vuelve bastante complejo, además que hay que tener mucho cuidado con no acercar a la llama el cable. el mismo sensor, que correspondería a la ubicación futura del equipo termogenerador se acerca mucho al fuego, por lo que el modelo resultó con marcas de ennegrecimiento, además del recogimiento del film plástico que mantiene unido a los soportes magnéticos.

para una mejor sujeción, los elementos de soporte debieran ser una suerte de garfios que se acomodaran al contorno de la olla y así el sensor/termogenerador colgase de uno de los costados de la olla.

en hogares con familia se presenta un uso cotidiano las ollas, situación que no se repite en el caso de residencias unipersonales o de dos personas profesional y/o estudiantes, donde por hábitos de trabajo y/o estudio, la cantidad de hrs que le dedica a la cocina es menor. hacen más uso de comidas ya preparadas, o de hacer preparaciones de forma no diaria,

recalentando en microondas las raciones en los días siguientes, además, en la mayoría de los casos sólo llegan a cenar a la casa, mientras que en el caso de las familias, sobre todo las más numerosas y aquellas que tiene personal dedicado a los servicios domésticos, se suele preparar y servir almuerzo a diario.

21) 20.05.10

foco alógeno, casa

hr de inicio 2.00
hr de término 4.00

resultados:

diferencial promedio: 21.0ºC
máximo diferencial: 21.7ºC

observaciones previas:

sensor montado sobre el foco por gravedad, ya que al igual que en el caso de la olla, este foco al ser de acero inoxidable no genera suficiente atracción por parte de los imanes.

observaciones finales:

altas temperaturas, buen diferencial.

22) 21.05.10

chimenea tipo bosca, marca crisol

hr de inicio 00.40
hr de término 03.40

resultados:

diferencial promedio: 18.8ºC
máximo diferencial: 28.9ºC

observaciones previas:

el sensor se montó sobre una de las paredes de la estufa a leña. en primera instancia se había emplazado sobre la chimenea, pero por problemas de sujeción debió ser emplazado en una de las paredes laterales. el problema del soporte puede deberse a que se modificó el sistema de magnetos, en la versión anterior estaban unidos por un film plástico que terminó derritiéndose al probarlo con una olla, por lo que se optó, de modo sencillo, a montar los imanes sobre los soportes de madera u la unión de éstos, tanto entre ello, como con el cuerpo del sensor, por medio de una unión con pegamento, del tipo cianoacrilato.

también se realizaron

modificaciones para el soporte del microprocesador y memoria, ahora conteniendo en el mismo soporte el conector mini din.

generación electricidad sin transformador

01) 01.07.10

fría	15.6°
caliente	35.4°
diferencial	19.8°
volts	0.127

02) 02.07.10

t° ambiente	14.5°
fría	28°
caliente	36°
diferencial	8°
volts	0.045

03) 02.07.10

t° ambiente	14.5°
fría	26°

caliente	40°
diferencial	14°
volts	0.090

04) 02.07.10

t° ambiente	15.2°
fría	15.2°
caliente	31°
diferencial	15.8°
volts	0.108

05) 02.07.10

t° ambiente	15.0°
fría	15.0°
caliente	65°
diferencial	50°
volts	0.34

estaba mal puesta la placa seebeck, no hacía contacto en ambas caras de las cajas, se corrigió aplicando más pasta disipadora y apretando más los tornillos.

06) 02.07.10

t° ambiente	15.1°
fría	15.1°
caliente	50°
diferencial	34.9°
volts	0.37

se decidió sacar la goma completamente para permitir un mejor contacto entre las caras de los cubos de agua y la placa seebeck.

07) 02.07.10

t° ambiente	15.1°
fría	15.6°
caliente	62.0°
diferencial	46.4°
volts	2.10

08) 02.07.10

t° ambiente	15.1°
fría	18.4°
caliente	48°
diferencial	19.6°
volts	1.30

09) 02.07.10

fría	30°
caliente	45°
diferencial	15°
volts	0.600 ~ 0.730

10) 04.07.10

t° ambiente	15.8°

fría	30º
caliente	45º
diferencial	15º
volts	0.650

11) 05.07.10

tº ambiente	14.8º
fría	29º
caliente	42º
diferencial	13º
volts	0.495
volts al poner resistencia	0.256
resistencia	4.3 Ω

12) 05.07.10

tº ambiente	14.8º
fría	22º
caliente	51º
diferencial	29º
volts	1.090
volts al poner resistencia	0.580
resistencia	5.3Ω

13) 05.07.10

tº ambiente	14.8º
fría	34.7º
caliente	39.4º
diferencial	4.7º
volts	0.250
volts al poner resistencia	0.123
resistencia	5.3 Ω

14) 05.07.10

tº ambiente	14.8º
fría	30º
caliente	45º
diferencial	15ºC
volts	0.706
volts al poner resistencia	0.352
resistencia	4.3 Ω

generación electricidad con transformador

01) 03.07.10

transformador	1:20
tº ambiente	12.5º
lado frío	30º
lado caliente	45.5º
diferencial	15.5º
volts teg	0.650
volts transformador	3.81

rápidamente bajó a un constante 0.56.

02) 13.07.10

transformador	1:20
tº ambiente	12.0º
lado frío	30º
lado caliente	45.5º
diferencial	15.5º
volts teg	0.69
volts transformador	2.38

por un periodo breve después bajó 0.57.

03) 13.07.10

transformador	1:50
tº ambiente	12.5º
lado frío	30º
lado caliente	45.5º
diferencial	15.5º
volts teg	0.780
volts transformador	3.81

04) 13.07.10

transformador	1:100
tº ambiente	12.5º
lado frío	30º
lado caliente	42.5º
diferencial	12.5º
volts teg	0.540
volts transformador	4.40

sin carga
2.4 al conectar un led lectura constante.

05) 13.07.10

transformador	1:100
tº ambiente	12.5º
lado frío	30º
lado caliente	50º

diferencial	20°
volts transformador	2.39

estable, con un led conectado.

06) 13.07.10

transformador	1:100
t° ambiente	12.5°
lado frío	29.4°
lado caliente	41.5°
diferencial	12.1°
volts teg	0.560
volts transformador	0.02

bajo este umbral simplemente no opera, o no de forma medible.

07) 13.07.10

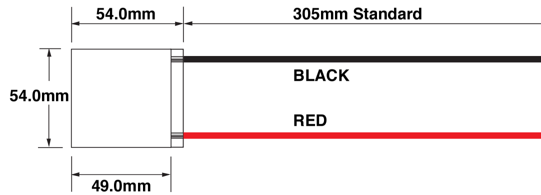
transformador	1:100
t° ambiente	12.5°
lado frío	29.4°
lado caliente	50.0°
diferencial	21.6°
volts teg	0.700

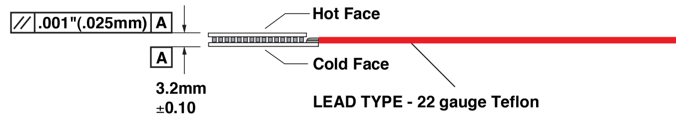
el led destelló un par de veces y no volvió a encender, nada constante, comportamiento errático, se intentó pasando por los transformadores de todas las relaciones, pero no volvió a encenderse el led, ni se pudo obtener ninguna lectura de voltaje desde el transformador que fuera superior a la generada directamente por la placa termogeneradora.

después de esta prueba todas las siguientes mostraron un comportamiento estable en la generación de electricidad.



Z-Max® G1-1.4-219-1.14 Module Specifications

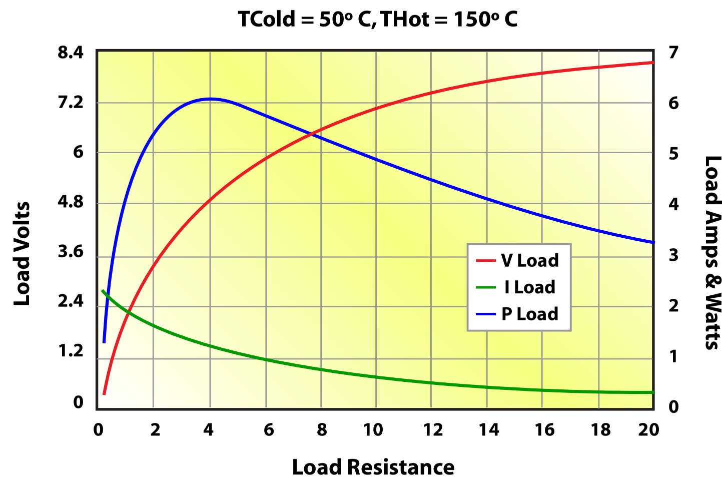




	Power Generated (W)	Current (I)	Voltage (V)	Internal (R)	Length	Width	Height
G1-1.4-219-1.14-WTN1	5.7	1.2	4.8	4.0	54.0	54.0	3.2

Note: Maximum operating temperature for Power Generation Modules is 175°C.
Given conditions for the module shown above are: THot=150°C, TCold=50°C, and RLoad= RInternal.
Matching load to internal resistance gives maximum power generated for THot and TCold conditions.
Internal resistance changes as temperature changes.

Performance Graph



Note: This graph is appropriate for only this one given set of conditions.
Power Generation is very dynamic, so we have created a series of graphs for a variety of conditions.
Call us for additional Power Generation performance graphs.

TELLUREX CORPORATION
1462 International Drive • Traverse City, Michigan, 49686 • 231.947.0110

LINEAR TECHNOLOGY

LTC3108

Ultralow Voltage Step-Up Converter and Power Manager

FEATURES

- **Operates from Inputs of 20mV**
- **Complete Energy Harvesting Power Management System**
  - **Selectable V_{OUT} of 2.35V, 3.3V, 4.1V or 5V**
  - **LDO: 2.2V at 3mA**
  - **Logic Controlled Output**
  - **Reserve Energy Output**
- **Power Good Indicator**
- Uses Compact Step-Up Transformers
- Small 12-Lead (3mm × 4mm) DFN or 16-Lead SSOP Packages

APPLICATIONS

- Remote Sensors and Radio Power
- Surplus Heat Energy Harvesting
- HVAC Systems
- Industrial Wireless Sensing
- Automatic Metering
- Building Automation
- Predictive Maintenance

DESCRIPTION

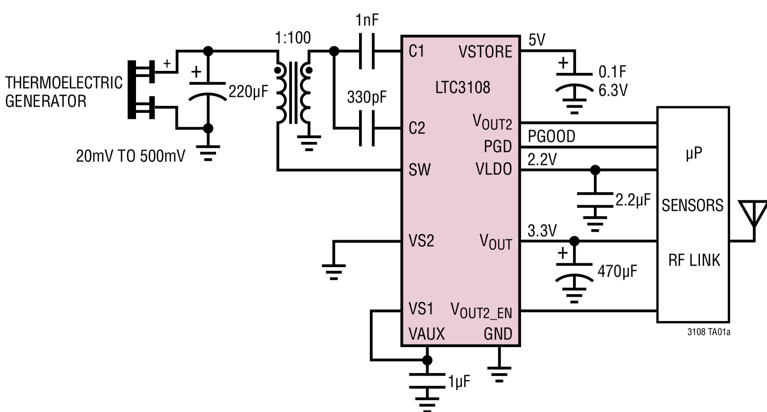
The LTC®3108 is a highly integrated DC/DC converter ideal for harvesting and managing surplus energy from extremely low input voltage sources such as TEGs (thermoelectric generators), thermopiles and small solar cells. The step-up topology operates from input voltages as low as 20mV. The LTC3108 is functionally equivalent to the LTC3108-1 except for its unique fixed V_{OUT} options.

Using a small step-up transformer, the LTC3108 provides a complete power management solution for wireless sensing and data acquisition. The 2.2V LDO powers an external microprocessor, while the main output is programmed to one of four fixed voltages to power a wireless transmitter or sensors. The power good indicator signals that the main output voltage is within regulation. A second output can be enabled by the host. A storage capacitor provides power when the input voltage source is unavailable. Extremely low quiescent current and high efficiency design ensure the fastest possible charge times of the output reservoir capacitor.

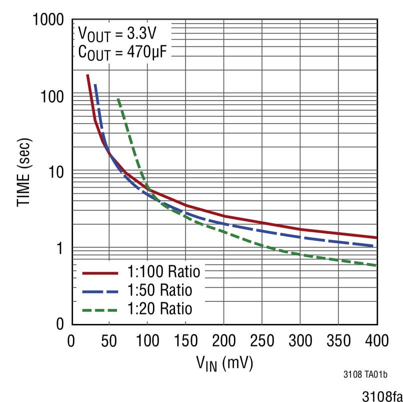
The LTC3108 is available in a small, thermally enhanced 12-lead (3mm × 4mm) DFN package and a 16-lead SSOP package.

TYPICAL APPLICATION

Wireless Remote Sensor Application Powered From a Peltier Cell



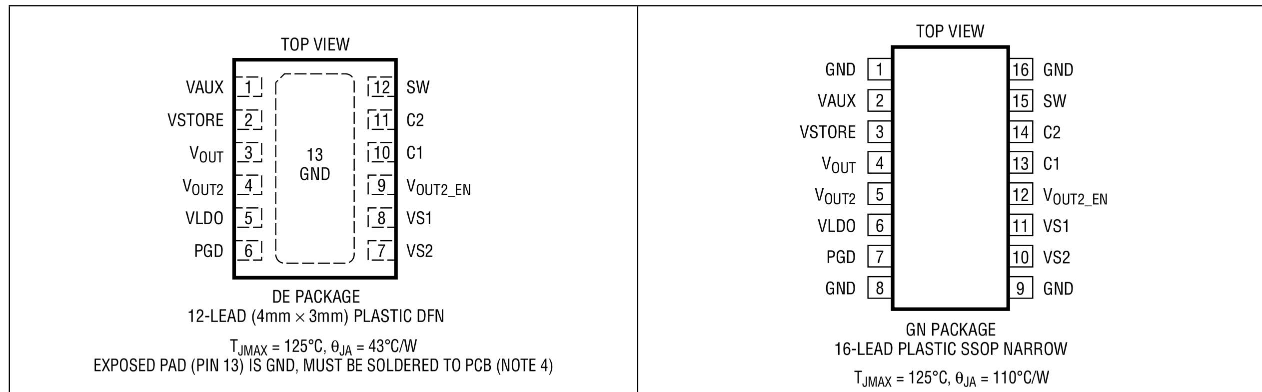
V_{OUT} Charge Time



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Note 1)

SW Voltage ....–0.3V to 2V
C1 Voltage..–0.3V to 6V
C2 Voltage (Note 5)...–8V to 8V
V_{OUT2}, V_{OUT2_EN}..–0.3V to 6V
VAUX...15mA into VAUX
VS1, VS2, VAUX, V_{OUT}, PGD.......................–0.3V to 6V
VLDO, VSTORE ....–0.3V to 6V
Operating Junction Temperature Range
(Note 2).. –40°C to 125°C
Storage Temperature Range.................. –65°C to 125°C

PIN CONFIGURATION



ORDER INFORMATION

LEAD FREE FINISH	TAPE AND REEL	PART MARKING*	PACKAGE DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE
LTC3108EDE#PBF	LTC3108EDE#TRPBF	3108	12-Lead (4mm × 3mm) Plastic DFN	–40°C to 125°C
LTC3108IDE#PBF	LTC3108IDE#TRPBF	3108	12-Lead (4mm × 3mm) Plastic DFN	–40°C to 125°C
LTC3108EGN#PBF	LTC3108EGN#TRPBF	3108	16-Lead Plastic SSOP	–40°C to 125°C
LTC3108IGN#PBF	LTC3108IGN#TRPBF	3108	16-Lead Plastic SSOP	–40°C to 125°C

Consult LTC Marketing for parts specified for other fixed output voltages or wider operating temperature ranges.
*The temperature grade is identified by a label on the shipping container.

For more information on lead free part marking, go to: http://www.linear.com/leadfree/
For more information on tape and reel specifications, go to: http://www.linear.com/tapeandreel/

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The ● denotes the specifications which apply over the full operating junction temperature range, otherwise specifications are for T_A = 25°C (Note 2). VAUX = 5V, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Start-Up Voltage	Using 1:100 Transformer Turns Ratio, VAUX = 0V			20	50	mV
No-Load Input Current	Using 1:100 Transformer Turns Ratio; V_{IN} = 20mV, V_{OUT2_EN} = 0V; All Outputs Charged and in Regulation			3		mA
Input Voltage Range	Using 1:100 Transformer Turns Ratio	●	$V_{STARTUP}$		500	mV

APPLICATIONS INFORMATION

Introduction

The LTC3108 is designed to gather energy from very low input voltage sources and convert it to usable output voltages to power microprocessors, wireless transmitters and analog sensors. Such applications typically require much more peak power, and at higher voltages, than the input voltage source can produce. The LTC3108 is designed to accumulate and manage energy over a long period of time to enable short power bursts for acquiring and transmitting data. The bursts must occur at a low enough duty cycle such that the total output energy during the burst does not exceed the average source power integrated over the accumulation time between bursts. For many applications, this time between bursts could be seconds, minutes or hours.

The PGD signal can be used to enable a sleeping microprocessor or other circuitry when V_{OUT} reaches regulation, indicating that enough energy is available for a burst.

Input Voltage Sources

The LTC3108 can operate from a number of low input voltage sources, such as Peltier cells, photovoltaic cells or thermopile generators. The minimum input voltage required for a given application will depend on the transformer turns ratio, the load power required, and the internal DC resistance (ESR) of the voltage source. Lower ESR will allow the use of lower input voltages, and provide higher output power capability.

Refer to the I_{IN} vs V_{IN} curves in the Typical Performance Characteristics section to see what input current is required from the source for a given input voltage.

For a given transformer turns ratio, there is a maximum recommended input voltage to avoid excessively high secondary voltages and power dissipation in the shunt regulator. It is recommended that the maximum input voltage times the turns ratio be less than 50.

Note that a low ESR bulk decoupling capacitor will usually be required across the input source to prevent large voltage droop and ripple caused by the source's ESR and the peak primary switching current (which can reach hundreds of milliamps). The time constant of the filter capacitor and the ESR of the voltage source should be much longer than the period of the resonant switching frequency.

Peltier Cell (Thermoelectric Generator)

A Peltier cell (also known as a thermoelectric cooler) is made up of a large number of series-connected P-N junctions, sandwiched between two parallel ceramic plates. Although Peltier cells are often used as coolers by applying a DC voltage to their inputs, they will also generate a DC output voltage, using the Seebeck effect, when the two plates are at different temperatures. The polarity of the output voltage will depend on the polarity of the temperature differential between the plates. The magnitude of the output voltage is proportional to the magnitude of the temperature differential between the plates. When used in

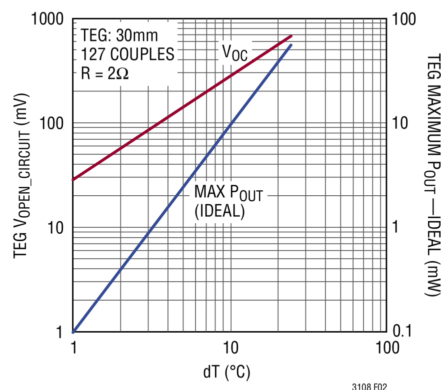


Figure 2. Typical Performance of a Peltier Cell Acting as a Thermoelectric Generator

APPLICATIONS INFORMATION

this manner, a Peltier cell is referred to as a thermoelectric generator (TEG).

The low voltage capability of the LTC3108 design allows it to operate from a TEG with temperature differentials as low as 1°C, making it ideal for harvesting energy in applications in which a temperature difference exists between two surfaces or between a surface and the ambient temperature. The internal resistance (ESR) of most cells is in the range of 1Ω to 5Ω, allowing for reasonable power transfer. The curves in Figure 2 show the open-circuit output voltage and maximum power transfer for a typical Peltier cell (with an ESR of 2Ω) over a 20°C range of temperature differential.

TEG Load Matching

The LTC3108 was designed to present a minimum input resistance (load) in the range of 2Ω to 10Ω, depending on input voltage and transformer turns ratio (as shown in the Typical Performance Characteristics curves). For a given turns ratio, as the input voltage drops, the input resistance increases. This feature allows the LTC3108 to optimize power transfer from sources with a few ohms of source resistance, such as a typical TEG. Note that a lower source resistance will always provide more output current capability by providing a higher input voltage under load.

Peltier Cell (TEG) Suppliers

Peltier cells are available in a wide range of sizes and power capabilities, from less than 10mm square to over 50mm square. They are typically 2mm to 5mm in height. A list of Peltier cell manufacturers is given in Table 3.

Table 3. Peltier Cell Manufacturers

CUI, Inc. www.cui.com (Distributor)
Fujitaka www.fujitaka.com/pub/peltier/english/thermoelectric_power.html
Ferrotec www.ferrotec.com/products/thermal/modules
Kryotherm www.kryothermusa.com
Laird Technologies www.lairdtech.com
Marlow Industries www.marlow.com
Micropelt www.micropelt.com
Nextreme www.nextreme.com
TE Technology www.tetech.com/Peltier-Thermoelectric-Cooler-Modules.html
Tellurex www.tellurex.com

Table 4. Recommended TEG Part Numbers by Size

MANUFACTURER	15mm × 15mm	20mm × 20mm	30mm × 30mm	40mm × 40mm
CUI Inc. (Distributor)	CP60133	CP60233	CP60333	CP85438
Ferrotec	9501/031/030 B	9501/071/040 B	9500/097/090 B	9500/127/100 B
Fujitaka	FPH13106NC	FPH17106NC	FPH17108AC	FPH112708AC
Kryotherm			TGM-127-1.0-0.8	LCB-127-1.4-1.15
Laird Technology			PT6.7.F2.3030.W6	PT8.12.F2.4040.TA.W6
Marlow Industries		RC3-8-01	RC6-6-01	RC12-8-01LS
Tellurex	C2-15-0405	C2-20-0409	C2-30-1505	C2-40-1509
TE Technology	TE-31-1.0-1.3	TE-31-1.4-1.15	TE-71-1.4-1.15	TE-127-1.4-1.05

APPLICATIONS INFORMATION

Thermopile Generator

Thermopile generators (also called powerpile generators) are made up of a number of series-connected thermocouples enclosed in a metal tube. They are commonly used in gas burner applications to generate a DC output of hundreds of millivolts when exposed to the high temperature of a flame. Typical examples are the Honeywell CQ200 and Q313. These devices have an internal series resistance of less than 3Ω, and can generate as much as 750mV open-circuit at their highest rated temperature. For applications in which the temperature rise is too high for a solid-state thermoelectric device, a thermopile can be used as an energy source to power the LTC3108. Because of the higher output voltages possible with a thermopile generator, a lower transformer turns ratio can be used (typically 1:20, depending on the application).

Photovoltaic Cell

The LTC3108 converter can also operate from a single photovoltaic cell (also known as a PV or solar cell) at light levels too low for other low input voltage boost converters to operate. However, many variables will affect the performance in these applications. Light levels can vary over several orders of magnitude and depend on lighting conditions (the type of lighting and indoor versus outdoor). Different types of light (sunlight, incandescent, fluorescent) also have different color spectra, and will produce different output power levels depending on which type of photovoltaic cell is being used (monocrystalline, polycrystalline or thin-film). Therefore, the photovoltaic cell must be chosen for the type and amount of light available. Note that the short-circuit output current from the cell must be at least a few milliamps in order to power the LTC3108 converter

Non-Boost Applications

The LTC3108 can also be used as an energy harvester and power manager for input sources that do not require boosting. In these applications the step-up transformer can be eliminated.

Any source whose peak voltage exceeds 2.5V AC or 5V DC can be connected to the C1 input through a current-limiting resistor where it will be rectified/peak detected. In these applications the C2 and SW pins are not used and can be grounded or left open.

Examples of such input sources would be piezoelectric transducers, vibration energy harvesters, low current generators, a stack of low current solar cells or a 60Hz AC input.

A series resistance of at least 100Ω/V should be used to limit the maximum current into the VAUX shunt regulator.

COMPONENT SELECTION

Step-Up Transformer

The step-up transformer turns ratio will determine how low the input voltage can be for the converter to start. Using a 1:100 ratio can yield start-up voltages as low as 20mV. Other factors that affect performance are the DC resistance of the transformer windings and the inductance of the windings. Higher DC resistance will result in lower efficiency. The secondary winding inductance will determine the resonant frequency of the oscillator, according to the following formula.

$$\text{Frequency} = \frac{1}{2 \bullet \pi \bullet \sqrt{L(sec) \bullet C}}\ \text{Hz}$$

Where L is the inductance of the transformer secondary winding and C is the load capacitance on the secondary winding. This is comprised of the input capacitance at pin C2, typically 30pF, in parallel with the transformer secondary winding's shunt capacitance. The recommended resonant frequency is in the range of 10kHz to 100kHz. See Table 5 for some recommended transformers.

Table 5. Recommended Transformers

VENDOR	PART NUMBER
Coilcraft www.coilcraft.com	LPR6235-752SML (1:100 Ratio) LPR6235-253PML (1:20 Ratio) LPR6235-123QML (1:50 Ratio)

APPLICATIONS INFORMATION

C1 Capacitor

The charge pump capacitor that is connected from the transformer's secondary winding to the C1 pin has an effect on converter input resistance and maximum output current capability. Generally, a minimum value of 1nF is recommended when operating from very low input voltages using a transformer with a ratio of 1:100. Too large a capacitor value can compromise performance when operating at low input voltage or with high resistance sources. For higher input voltages and lower turns ratios, the value of the C1 capacitor can be increased for higher output current capability. Refer to the Typical Applications schematic examples for the recommended value for a given turns ratio.

Squegging

Certain types of oscillators, including transformer-coupled oscillators such as the resonant oscillator of the LTC3108, can exhibit a phenomenon called squegging. This term refers to a condition that can occur which blocks or stops the oscillation for a period of time much longer than the period of oscillation, resulting in bursts of oscillation. An example of this is the blocking oscillator, which is designed to squegg to produce bursts of oscillation. Squegging is also encountered in RF oscillators and regenerative receivers.

In the case of the LTC3108, squegging can occur when a charge builds up on the C2 gate coupling capacitor, such that the DC bias point shifts and oscillation is extinguished for a certain period of time, until the charge on the capacitor bleeds off, allowing oscillation to resume. It is difficult to predict when and if squegging will occur in a given application. While squegging is not harmful, it reduces the average output current capability of the LTC3108.

Squegging can easily be avoided by the addition of a bleeder resistor in parallel with the coupling capacitor on the C2 pin. Resistor values in the range of 100k to 1MΩ are sufficient to eliminate squegging without having any negative impact on performance. For the 330pF capacitor used for C2 in most applications, a 499k bleeder resistor is recommended. See the Typical Applications schematics for an example.

Using External Charge Pump Rectifiers

The synchronous charge pump rectifiers in the LTC3108 (connected to the C1 pin) are optimized for operation from very low input voltage sources, using typical transformer step-up ratios between 1:100 and 1:50, and typical C1 charge pump capacitor values less than 10nF.

Operation from higher input voltage sources (typically 250mV or greater, under load), allows the use of lower transformer step-up ratios (such as 1:20 and 1:10) and larger C1 capacitor values to provide higher output current capability from the LTC3108. However, due to the resulting increase in rectifier currents and resonant oscillator frequency in these applications, the use of external charge pump rectifiers is recommended for optimal performance.

In applications where the step-up ratio is 1:20 or less, and the C1 capacitor is 10nF or greater, the C1 pin should be grounded and two external rectifiers (such as 1N4148 or 1N914 diodes) should be used. These are available as dual diodes in a single package. Avoid the use of Schottky rectifiers, as their lower forward voltage drop increases the minimum start-up voltage. See the Typical Applications schematics for an example.

V_{OUT} and VSTORE Capacitor

For pulsed load applications, the V_{OUT} capacitor should be sized to provide the necessary current when the load is pulsed on. The capacitor value required will be dictated by the load current, the duration of the load pulse, and the amount of voltage droop the circuit can tolerate. The capacitor must be rated for whatever voltage has been selected for V_{OUT} by VS1 and VS2.

$$C_{OUT}(\mu F) \geq \frac{I_{LOAD}(mA) \bullet t_{PULSE}(ms)}{\Delta V_{OUT}(V)}$$

Note that there must be enough energy available from the input voltage source for V_{OUT} to recharge the capacitor during the interval between load pulses (to be discussed in the next example). Reducing the duty cycle of the load pulse will allow operation with less input energy.

APPLICATIONS INFORMATION

The VSTORE capacitor may be of very large value (thousands of microfarads or even Farads), to provide holdup at times when the input power may be lost. Note that this capacitor can charge all the way to 5.25V (regardless of the settings for V_{OUT}), so ensure that the holdup capacitor has a working voltage rating of at least 5.5V at the temperature for which it will be used. The VSTORE capacitor can be sized using the following:

$$C_{STORE} \geq \frac{\left[6\mu A + I_Q + I_{LDO} + (I_{BURST} \bullet t \bullet f)\right] \bullet TSTORE}{5.25 - V_{OUT}}$$

Where 6µA is the quiescent current of the LTC3108, I_Q is the load on V_{OUT} in between bursts, I_{LDO} is the load on the LDO between bursts, I_{BURST} is the total load during the burst, t is the duration of the burst, f is the frequency of the bursts, TSTORE is the storage time required and V_{OUT} is the output voltage required. Note that for a programmed output voltage of 5V, the VSTORE capacitor cannot provide any beneficial storage time.

To minimize losses and capacitor charge time, all capacitors used for V_{OUT} and VSTORE should be low leakage. See Table 6 for recommended storage capacitors.

Table 6. Recommended Storage Capacitors

VENDOR	PART NUMBER/SERIES
AVX www.avx.com	BestCap Series TAJ and TPS Series Tantalum
Cap-XX www.cap-xx.com	GZ Series
Cooper/Bussmann www.bussmann.com/3/PowerStor.html	KR Series P Series
Vishay/Sprague www.vishay.com/capacitors	Tantamount 592D 595D Tantalum 150CRZ/153CRV Aluminum 013 RLC (Low Leakage)

Storage capacitors requiring voltage balancing are not recommended due to the current draw of the balancing resistors.

PCB Layout Guidelines

Due to the rather low switching frequency of the resonant converter and the low power levels involved, PCB layout is not as critical as with many other DC/DC converters. There are, however, a number of things to consider.

Due to the very low input voltage the circuit may operate from, the connections to V_{IN}, the primary of the transformer and the SW and GND pins of the LTC3108 should be designed to minimize voltage drop from stray resistance and able to carry currents as high as 500mA. Any small voltage drop in the primary winding conduction path will lower efficiency and increase capacitor charge time.

Also, due to the low charge currents available at the outputs of the LTC3108, any sources of leakage current on the output voltage pins must be minimized. An example board layout is shown in Figure 3.

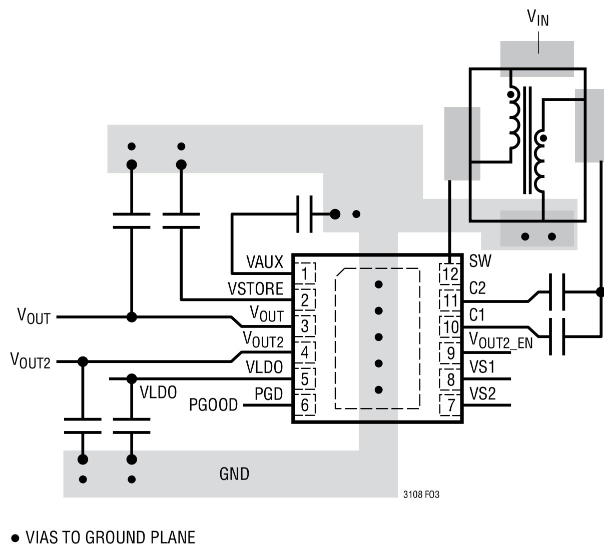


Figure 3. Example Component Placement for Two-Layer PC Board (DFN Package)

Design Example 1

This design example will explain how to calculate the necessary storage capacitor value for V_{OUT} in pulsed load applications, such as a wireless sensor/transmitter. In these types of applications, the load is very small for a majority of the time (while the circuitry is in a low power sleep state), with bursts of load current occurring periodically during a transmit burst. The storage capacitor on V_{OUT} supports the load during the transmit burst, and the long sleep time between bursts allows the LTC3108 to recharge the capacitor. A method for calculating the maximum rate

APPLICATIONS INFORMATION

at which the load pulses can occur for a given output current from the LTC3108 will also be shown.

In this example, V_{OUT} is set to 3.3V, and the maximum allowed voltage droop during a transmit burst is 10%, or 0.33V. The duration of a transmit burst is 1ms, with a total average current requirement of 40mA during the burst. Given these factors, the minimum required capacitance on V_{OUT} is:

$$C_{OUT}(\mu F) \geq \frac{40mA \bullet 1ms}{0.33V} = 121\mu F$$

Note that this equation neglects the effect of capacitor ESR on output voltage droop. For most ceramic or low ESR tantalum capacitors, the ESR will have a negligible effect at these load currents.

A standard value of 150µF or larger could be used for C_{OUT} in this case. Note that the load current is the total current draw on V_{OUT}, V_{OUT2} and VLDO, since the current for all of these outputs must come from V_{OUT} during a burst. Current contribution from the holdup capacitor on VSTORE is not considered, since it may not be able to recharge between bursts. Also, it is assumed that the charge current from the LTC3108 is negligible compared to the magnitude of the load current during the burst.

To calculate the maximum rate at which load bursts can occur, determine how much charge current is available from the LTC3108 V_{OUT} pin given the input voltage source being used. This number is best found empirically, since there are many factors affecting the efficiency of the converter. Also determine what the total load current is on V_{OUT} during the sleep state (between bursts). Note that this must include any losses, such as storage capacitor leakage.

Assume, for instance, that the charge current from the LTC3108 is 50µA and the total current drawn on V_{OUT} in the sleep state is 17µA, including capacitor leakage. In addition, use the value of 150µF for the V_{OUT} capacitor. The maximum transmit rate (neglecting the duration of the transmit burst, which is typically very short) is then given by:

$$t = \frac{150\mu F \bullet 0.33V}{(50\mu A - 17\mu A)} = 1.5sec \text{ or } f_{MAX} = 0.666Hz$$

Therefore, in this application example, the circuit can support a 1ms transmit burst every 1.5 seconds.

It can be determined that for systems that only need to transmit every few seconds (or minutes or hours), the average charge current required is extremely small, as long as the sleep current is low. Even if the available charge current in the example above was only 10µA and the sleep current was only 5µA, it could still transmit a burst every ten seconds.

The following formula enables the user to calculate the time it will take to charge the LDO output capacitor and the V_{OUT} capacitor the first time, from 0V. Here again, the charge current available from the LTC3108 must be known. For this calculation, it is assumed that the LDO output capacitor is 2.2µF.

$$t_{LDO} = \frac{2.2V \bullet 2.2\mu F}{I_{CHG} - I_{LDO}}$$

If there were 50µA of charge current available and a 5µA load on the LDO (when the processor is sleeping), the time for the LDO to reach regulation would be 107ms.

If V_{OUT} were programmed to 3.3V and the V_{OUT} capacitor was 150µF, the time for V_{OUT} to reach regulation would be:

$$t_{VOUT} = \frac{3.3V \bullet 150\mu F}{I_{CHG} - I_{VOUT} - I_{LDO}} + t_{LDO}$$

If there were 50µA of charge current available and 5µA of load on V_{OUT}, the time for V_{OUT} to reach regulation after the initial application of power would be 12.5 seconds.

Design Example 2

In many pulsed load applications, the duration, magnitude and frequency of the load current bursts are known and fixed. In these cases, the average charge current required from the LTC3108 to support the average load must be calculated, which can be easily done by the following:

$$I_{CHG} \geq I_Q + \frac{I_{BURST} \bullet t}{T}$$

Where I_Q is the sleep current on V_{OUT} required by the external circuitry in between bursts (including cap leakage), I_{BURST} is the total load current during the burst, t is the

APPLICATIONS INFORMATION

duration of the burst and T is the period of the transmit burst rate (essentially the time between bursts).

In this example, I_Q = 5μA, I_{BURST} = 100mA, t = 5ms and T = one hour. The average charge current required from the LTC3108 would be:

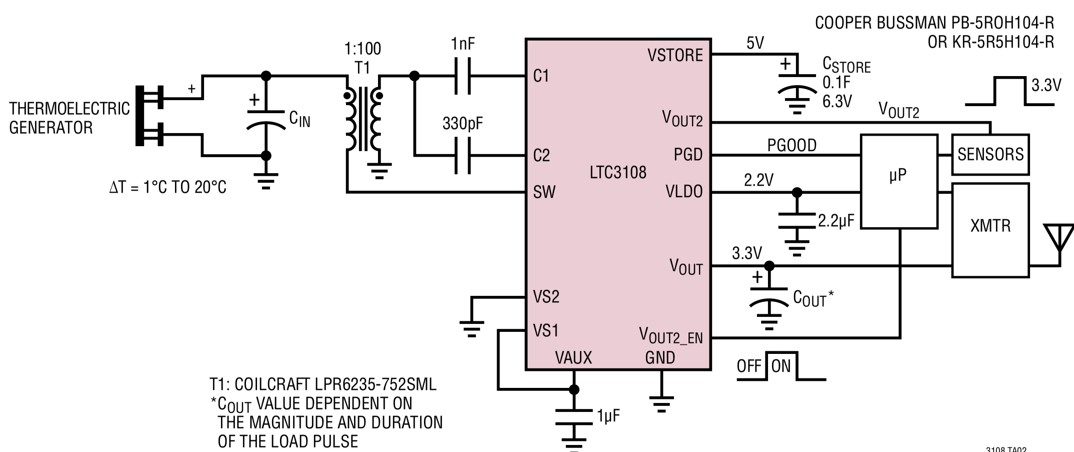
$$I_{CHG} \geq 5\mu A + \frac{100mA \bullet 0.005sec}{3600sec} = 5.14\mu A$$

Therefore, if the LTC3108 has an input voltage that allows it to supply a charge current greater than 5.14μA, the application can support 100mA bursts lasting 5ms every hour. It can be determined that the sleep current of 5μA is the dominant factor because the transmit duty cycle is so small (0.00014%). Note that for a V_{OUT} of 3.3V, the average power required by this application is only 17μW (not including converter losses).

Note that the charge current available from the LTC3108 has no effect on the sizing of the V_{OUT} capacitor (if it is assumed that the load current during a burst is much larger than the charge current), and the V_{OUT} capacitor has no effect on the maximum allowed burst rate.

TYPICAL APPLICATIONS

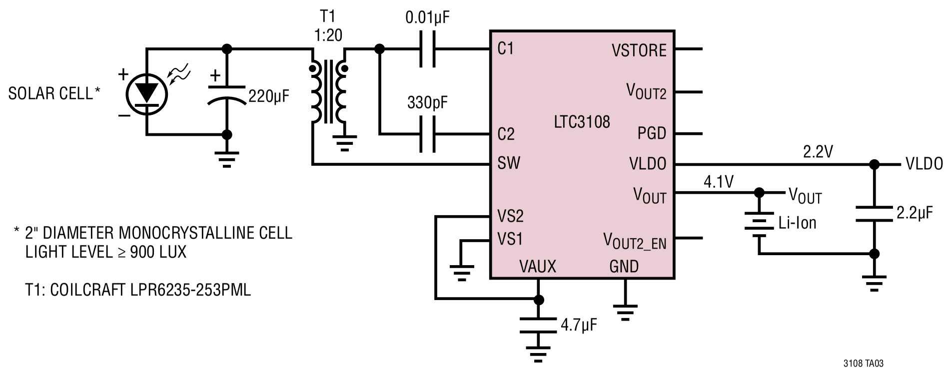
Peltier-Powered Energy Harvester for Remote Sensor Applications



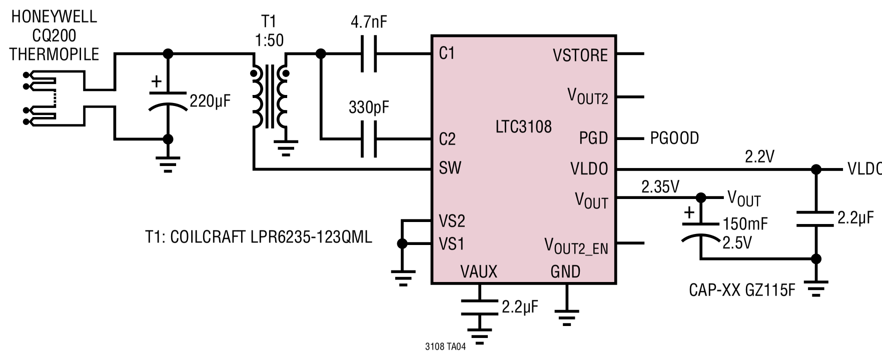
LINEAR TECHNOLOGY

TYPICAL APPLICATIONS

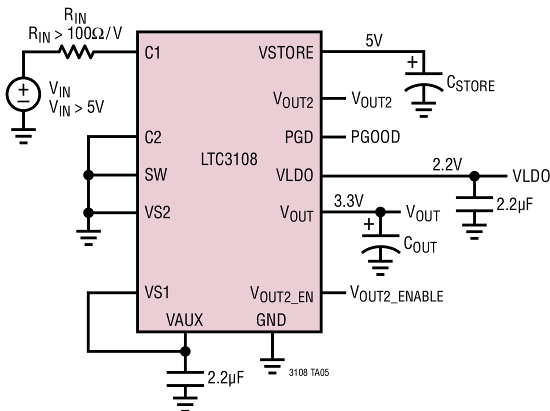
Li-Ion Battery Charger and LDO Powered by a Solar Cell



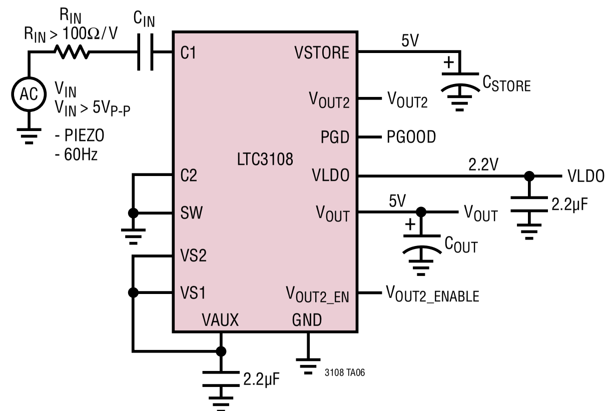
Supercapacitor Charger and LDO Powered by a Thermopile Generator



DC Input Energy Harvester and Power Manager

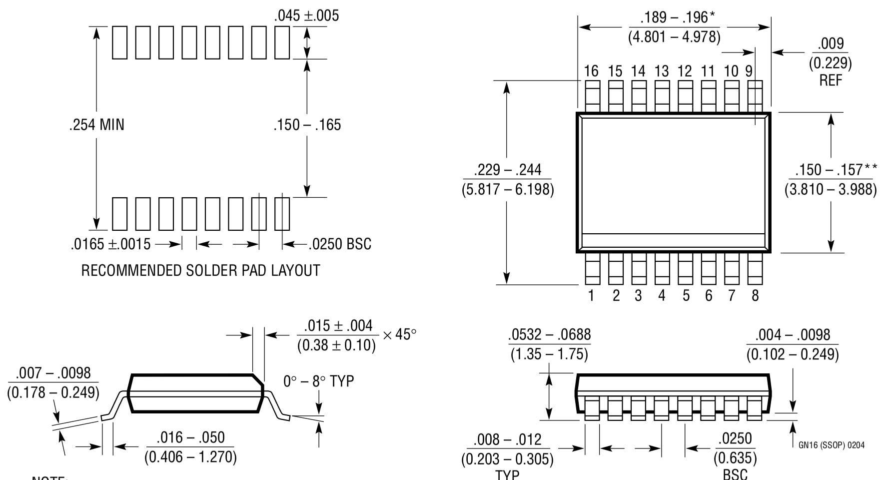


AC Input Energy Harvester and Power Manager



PACKAGE DESCRIPTION

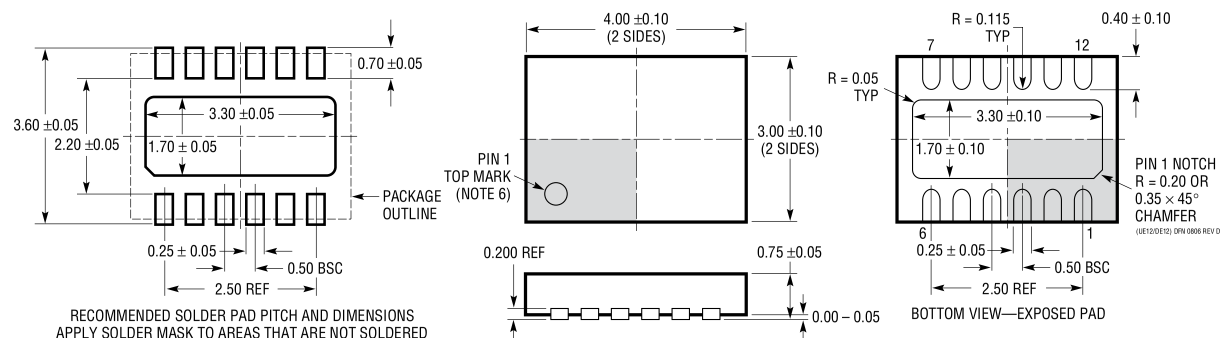
GN Package
16-Lead Plastic SSOP (Narrow .150 Inch)
(Reference LTC DWG # 05-08-1641)



NOTE:
1. CONTROLLING DIMENSION: INCHES
2. DIMENSIONS ARE IN $\frac{\text{INCHES}}{\text{(MILLIMETERS)}}$
3. DRAWING NOT TO SCALE

*DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH SHALL NOT EXCEED 0.006" (0.152mm) PER SIDE
**DIMENSION DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH. INTERLEAD FLASH SHALL NOT EXCEED 0.010" (0.254mm) PER SIDE

UE/DE Package
12-Lead Plastic DFN (4mm × 3mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1695)



NOTE:
1. DRAWING PROPOSED TO BE A VARIATION OF VERSION (WGED) IN JEDEC PACKAGE OUTLINE M0-229
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

LTC3109

Auto-Polarity, Ultralow Voltage Step-Up Converter and Power Manager

FEATURES

- **Operates from Inputs as Low as ±30mV**
- **Less Than ±1°C Needed Across TEG to Harvest Energy**
- **Proprietary Auto-Polarity Architecture**
- **Complete Energy Harvesting Power Management System**
  - **Selectable V_{OUT} of 2.35V, 3.3V, 4.1V or 5V**
  - **2.2V, 5mA LDO**
  - **Logic-Controlled Output**
  - **Energy Storage Capability for Operation During Power Interruption**
- **Power Good Indicator**
- Uses Compact Step-up Transformers
- Small, 20-lead (4mm × 4mm) QFN Package or 20-Lead SSOP

APPLICATIONS

- Remote Sensor and Radio Power
- HVAC Systems
- Automatic Metering
- Building Automation
- Predictive Maintenance
- Industrial Wireless Sensing

DESCRIPTION

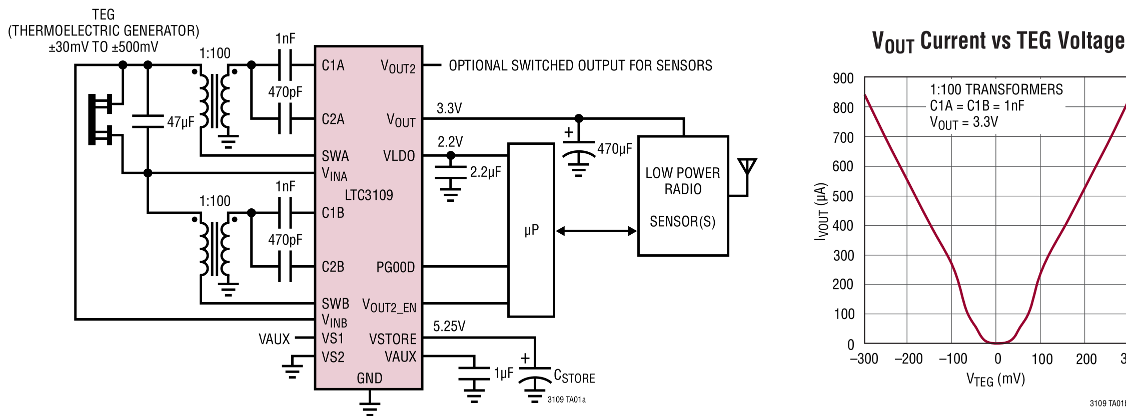
The LTC®3109 is a highly integrated DC/DC converter ideal for harvesting surplus energy from extremely low input voltage sources such as TEGs (thermoelectric generators) and thermopiles. Its unique, proprietary autopolarity topology* allows it to operate from input voltages as low as 30mV, regardless of polarity.

Using two compact step-up transformers and external energy storage elements, the LTC3109 provides a complete power management solution for wireless sensing and data acquisition. The 2.2V LDO can power an external microprocessor, while the main output can be programmed to one of four fixed voltages. The power good indicator signals that the main output is within regulation. A second output can be enabled by the host. A storage capacitor (or battery) can also be charged to provide power when the input voltage source is unavailable. Extremely low quiescent current and high efficiency maximizes the harvested energy available for the application.

The LTC3109 is available in a small, thermally enhanced 20-lead (4mm × 4mm) QFN package and a 20-lead SSOP package.

*Patent pending.

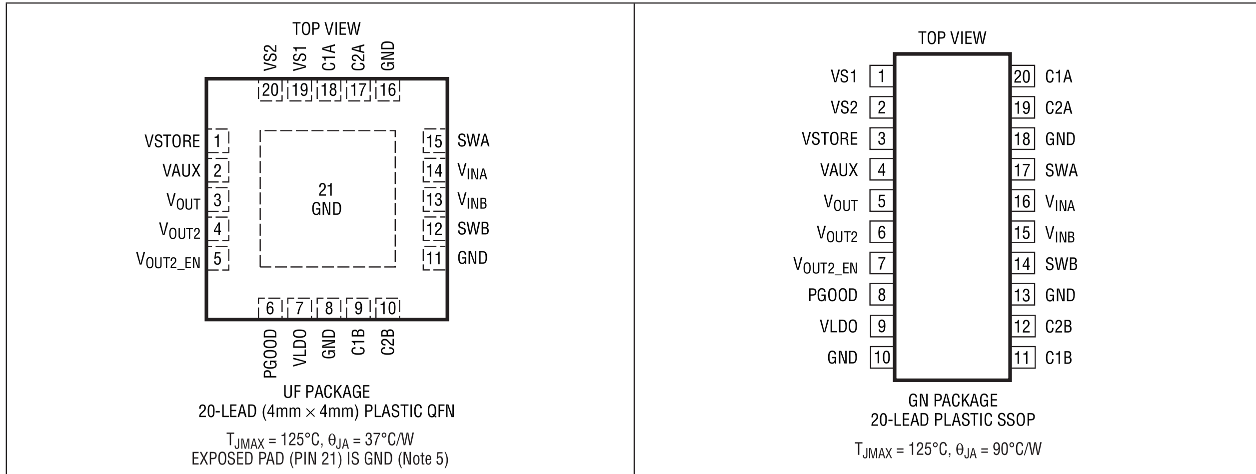
TYPICAL APPLICATION



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Note 1)

SWA, SWB, V_{INA}, V_{INB} Voltage .... −0.3V to 2V
C1A, C1B Voltage .... −0.3V to 6V
C2A, C2B Voltage (Note 6)............................. −8V to 8V
V_{OUT2}, V_{OUT2_EN} .... −0.3V to 6V
VS1, VS2, V_{OUT}, PGOOD .... −0.3V to 6V
VLDO, VSTORE .... −0.3V to 6V
VAUX.. 15mA Into V_{AUX}
Operating Junction Temperature Range
(Note 2).. −40°C to 125°C
Storage Temperature Range .... −65°C to 125°C

PIN CONFIGURATION



ORDER INFORMATION

LEAD FREE FINISH	TAPE AND REEL	PART MARKING*	PACKAGE DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE
LTC3109EUF#PBF	LTC3109EUF#TRPBF	3109	20-Lead (4mm × 4mm) Plastic QFN	–40°C to 125°C
LTC3109IUF#PBF	LTC3109IUF#TRPBF	3109	20-Lead (4mm × 4mm) Plastic QFN	–40°C to 125°C
LTC3109EGN#PBF	LTC3109EGN#TRPBF	LTC3109GN	20-Lead Plastic SSOP	–40°C to 125°C
LTC3109IGN#PBF	LTC3109IGN#TRPBF	LTC3109GN	20-Lead Plastic SSOP	–40°C to 125°C

Consult LTC Marketing for parts specified with wider operating temperature ranges. *The temperature grade is identified by a label on the shipping container.
Consult LTC Marketing for information on non-standard lead based finish parts.

For more information on lead free part marking, go to: http://www.linear.com/leadfree/
For more information on tape and reel specifications, go to: http://www.linear.com/tapeandreel/

APPLICATIONS INFORMATION

INTRODUCTION

The LTC3109 is designed to gather energy from very low input voltage sources and convert it to usable output voltages to power microprocessors, wireless transmitters and analog sensors. Its architecture is specifically tailored to applications where the input voltage polarity is unknown, or can change. This "auto-polarity" capability makes it ideally suited to energy harvesting applications using a TEG whose temperature differential may be of either polarity.

Applications such as wireless sensors typically require much more peak power, and at higher voltages, than the input voltage source can produce. The LTC3109 is designed to accumulate and manage energy over a long period of time to enable short power pulses for acquiring and transmitting data. The pulses must occur at a low enough duty cycle that the total output energy during the pulse does not exceed the average source power integrated over the accumulation time between pulses. For many applications, this time between pulses could be seconds, minutes or hours.

The PGOOD signal can be used to enable a sleeping microprocessor or other circuitry when V_{OUT} reaches regulation, indicating that enough energy is available for a transmit pulse.

INPUT VOLTAGE SOURCES

The LTC3109 can operate from a number of low input voltage sources, such as Peltier cells (thermoelectric generators), or low level AC sources. The minimum input voltage required for a given application will depend on the transformer turns ratios, the load power required, and the internal DC resistance (ESR) of the voltage source. Lower ESR sources will allow operation from lower input voltages, and provide higher output power capability.

For a given transformer turns ratio, there is a maximum recommended input voltage to avoid excessively high secondary voltages and power dissipation in the shunt regulator. It is recommended that the maximum input voltage times the turns ratio be less than 50.

Note that a low ESR decoupling capacitor may be required across a DC input source to prevent large voltage droop and ripple caused by the source's ESR and the peak primary switching current (which can reach hundreds of milliamps). Since the input voltage may be of either polarity, a ceramic capacitor is recommended.

PELTIER CELL (THERMOELECTRIC GENERATOR)

A Peltier cell is made up of a large number of series-connected P-N junctions, sandwiched between two parallel ceramic plates. Although Peltier cells are often used as coolers by applying a DC voltage to their inputs, they will also generate a DC output voltage, using the Seebeck effect, when the two plates are at different temperatures.

When used in this manner, they are referred to as thermoelectric generators (TEGs). The polarity of the output voltage will depend on the polarity of the temperature differential between the TEG plates. The magnitude of the output voltage is proportional to the magnitude of the temperature differential between the plates.

The low voltage capability of the LTC3109 design allows it to operate from a typical TEG with temperature differentials as low as 1°C of either polarity, making it ideal for harvesting energy in applications where a temperature difference exists between two surfaces or between a surface and the ambient temperature. The internal resistance (ESR) of most TEGs is in the range of 1Ω to 5Ω, allowing for reasonable power transfer. The curves in Figure 2 show the open-circuit output voltage and maximum power transfer for a typical TEG with an ESR of 2Ω, over a 20°C range of temperature differential (of either polarity).

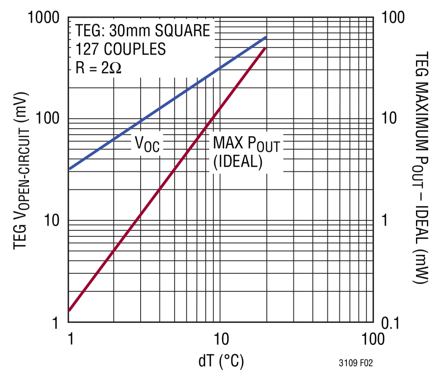


Figure 2. Typical Performance of a Peltier Cell Acting as a Power Generator (TEG)

{anexos § LTC3109}

B098

APPLICATIONS INFORMATION

TEG LOAD MATCHING

The LTC3109 was designed to present an input resistance (load) in the range of 2Ω to 10Ω, depending on input voltage, transformer turns ratio and the C1A and C2A capacitor values (as shown in the Typical Performance curves). For a given turns ratio, as the input voltage drops, the input resistance increases. This feature allows the LTC3109 to optimize power transfer from sources with a few Ohms of source resistance, such as a typical TEG. Note that a lower source resistance will always provide more output current capability by providing a higher input voltage under load.

Table 3. Peltier Cell Manufacturers

CUI Inc www.cui.com
Ferrotec www.ferrotec.com/products/thermal/modules/
Fujitaka www.fujitaka.com/pub/peltier/english/thermoelectric_power.html
Hi-Z Technology www.hi-z.com
Kryotherm www.kryotherm
Laird Technologies www.lairdtech.com
Micropelt www.micropelt.com
Nextreme www.nextreme.com
TE Technology www.tetech.com/Peltier-Thermoelectric-Cooler-Modules.html
Tellurex www.tellurex.com/

UNIPOLAR APPLICATIONS

The LTC3109 can also be configured to operate from two independent unipolar voltage sources, such as two TEGs in different locations. In this configuration, energy can be harvested from either or both sources simultaneously. See the Typical Applications for an example.

The LTC3109 can also be configured to operate from a single unipolar source, using a single step-up transformer, by ganging its V_{IN} and SW pins together. In this manner, it can extract the most energy from very low resistance sources. See Figure 3 for an example of this configuration, along with the performance curves.

PELTIER CELL (TEG) SUPPLIERS

Peltier cells are available in a wide range of sizes and power capabilities, from less than 10mm square to over 50mm square. They are typically 2mm to 5mm in height. A list of some Peltier cell manufacturers is given in Table 3 and some recommended part numbers in Table 4.

COMPONENT SELECTION

Step-Up Transformer

The turns ratio of the step-up transformers will determine how low the input voltage can be for the converter to start. Due to the auto-polarity architecture, two identical step-up transformers should be used, unless the temperature drop across the TEG is significantly different in one polarity, in which case the ratios may be different.

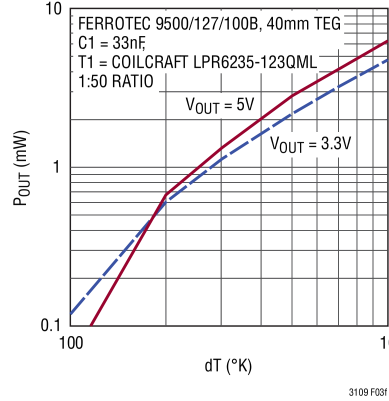
Table 4. Recommended TEG Part Numbers by Size

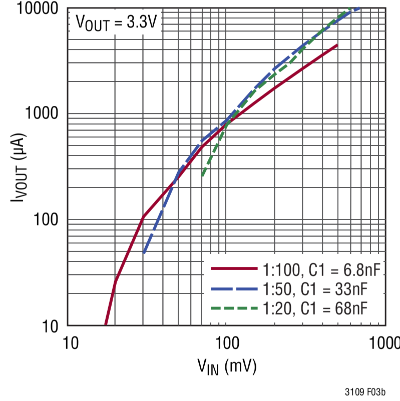
MANUFACTURER	15mm	20mm	30mm	40mm
CUI Inc. (Distributor)	CP60133	CP60233	CP60333	CP85438
Ferrotec	9501/031/030 B	9501/071/040 B	9500/097/090 B	9500/127/100 B
Fujitaka	FPH13106NC	FPH17106NC	FPH17108AC	FPH112708AC
Kryotherm			TGM-127-1.0-0.8	LCB-127-1.4-1.15
Laird Technology			PT6.7.F2.3030.W6	PT8.12.F2.4040.TA.W6
Marlow Industries		RC3-8-01	RC6-6-01	RC12-8-01LS
Tellurex	C2-15-0405	C2-20-0409	C2-30-1505	C2-40-1509
TE Technology	TE-31-1.0-1.3	TE-31-1.4-1.15	TE-71-1.4-1.15	TE-127-1.4-1.05

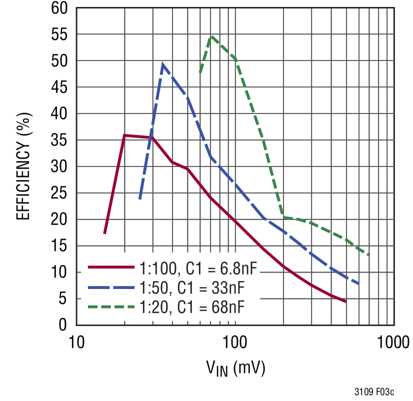
APPLICATIONS INFORMATION

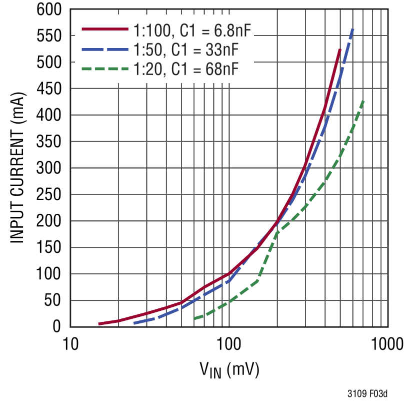


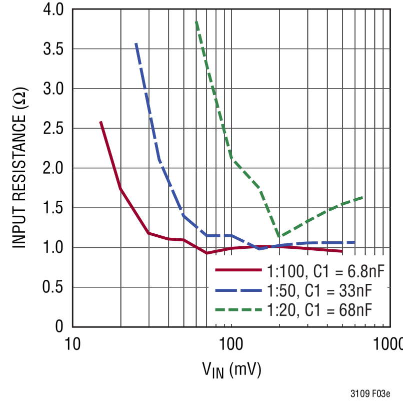
Figure 3. Unipolar Application











APPLICATIONS INFORMATION

Using a 1:100 primary-secondary ratio yields start-up voltages as low as 30mV. Other factors that affect performance are the resistance of the transformer windings and the inductance of the windings. Higher DC resistance will result in lower efficiency and higher start-up voltages. The secondary winding inductance will determine the resonant frequency of the oscillator, according to the formula below.

$$Freq = \frac{1}{2 \bullet \pi \bullet \sqrt{L_{SEC} \bullet C}} Hz$$

where L_{SEC} is the inductance of one of the secondary windings and C is the load capacitance on the secondary winding. This is comprised of the input capacitance at pin C2A or C2B, typically 70pF each, in parallel with the transformer secondary winding's shunt capacitance. The recommended resonant frequency is in the range of 10kHz to 100kHz. Note that loading will also affect the resonant frequency. See Table 5 for some recommended transformers.

Table 5. Recommended Transformers

VENDOR	TYPICAL START-UP VOLTAGE	PART NUMBER
Coilcraft www.coilcraft.com	25mV 35mV 85mV	LPR6235-752SML (1:100 ratio) LPR6235-123QML (1:50 ratio) LPR6235-253PML (1:20 ratio)

USING EXTERNAL CHARGE PUMP RECTIFIERS

The synchronous rectifiers in the LTC3109 have been optimized for low frequency, low current operation, typical of low input voltage applications. For applications where the resonant oscillator frequency exceeds 100kHz, or a transformer turns ratio of less than 1:20 is used, or the C1A and C1B capacitor values are greater than 68nF, the use of external charge pump rectifiers (1N4148 or 1N914 or equivalent) is recommended. See the Typical Application circuits for an example. Avoid the use of Schottky rectifiers, as their low forward voltage increases the minimum start-up voltage.

C1 CAPACITOR

The charge pump capacitor that is connected from each transformer's secondary winding to the corresponding C1A and C1B pins has an effect on converter input resistance and maximum output current capability. Generally a minimum value of 1nF is recommended when operating from very low input voltages using a transformer with a ratio of 1:100. Capacitor values of 2.2nF to 10nF will provide higher output current at higher input voltages, however larger capacitor values can compromise performance when operating at low input voltage or with high resistance sources. For higher input voltages and lower turns ratios, the value of the C1 capacitor can be increased for higher output current capability. Refer to the Typical Applications examples for the recommended value for a given turns ratio.

C2 CAPACITOR

The C2 capacitors connect pins C2A and C2B to their respective transformer secondary windings. For most applications a capacitor value of 470pF is recommended. Smaller capacitor values tend to raise the minimum start-up voltage, and larger capacitor values can lower efficiency.

Note that the C1 and C2 capacitors must have a voltage rating greater than the maximum input voltage times the transformer turns ratio.

V_{OUT} AND VSTORE CAPACITOR

For pulsed load applications, the V_{OUT} capacitor should be sized to provide the necessary current when the load is pulsed on. The capacitor value required will be dictated by the load current (I_{LOAD}), the duration of the load pulse (t_{PULSE}), and the amount of V_{OUT} voltage droop the application can tolerate (ΔV_{OUT}). The capacitor must be rated for whatever voltage has been selected for V_{OUT} by VS1 and VS2:

$$C_{OUT}(\mu F) \geq \frac{I_{LOAD(mA)} \bullet t_{PULSE(ms)}}{\Delta V_{OUT}\ (V)}$$

{anexos § LTC3109}

B107

APPLICATIONS INFORMATION

Note that there must be enough energy available from the input voltage source for V_{OUT} to recharge the capacitor during the interval between load pulses (as discussed in Design Example 1). Reducing the duty cycle of the load pulse will allow operation with less input energy.

The VSTORE capacitor may be of very large value (thousands of microfarads or even Farads), to provide energy storage at times when the input voltage is lost. Note that this capacitor can charge all the way to the VAUX clamp voltage of 5.25V typical (regardless of the settings for V_{OUT}), so be sure that the holdup capacitor has a working voltage rating of at least 5.5V at the temperature that it will be used.

The VSTORE input is not designed to provide high pulse load currents to V_{OUT}. The current path from VSTORE to V_{OUT} is limited to about 26mA max.

The VSTORE capacitor can be sized using the following formula:

$$C_{STORE} \geq \frac{\left(7\mu A + I_Q + I_{LDO} + \left(I_{PULSE} \bullet t_{PULSE} \bullet f\right)\right) \bullet t_{STORE}}{5.25 - V_{OUT}}$$

where 7µA is the quiescent current of the LTC3109, I_Q is the load on V_{OUT} in between pulses, I_{LDO} is the load on the LDO between pulses, I_{PULSE} is the total load during the pulse, t_{PULSE} is the duration of the pulse, f is the frequency of the pulses, t_{STORE} is the total storage time required and V_{OUT} is the output voltage required. Note that for a programmed output voltage of 5V, the VSTORE capacitor cannot provide any beneficial storage time to V_{OUT}.

To minimize losses and capacitor charge time, all capacitors used for V_{OUT} and VSTORE should be low leakage. See Table 6 for recommended storage capacitors.

Table 6. Recommended Storage Capacitors

VENDOR	PART NUMBER/SERIES
AVX www.avx.com	BestCap Series TAJ and TPS Series Tantalum
Cap-XX www.cap-xx.com	GZ Series
Cooper/Bussman www.bussmann.com/3/PowerStor.html	KR Series P Series
Vishay/Sprague www.vishay.com/capacitors	Tantamount 592D 595D Tantalum

Note that storage capacitors requiring voltage balancing resistors are not recommended due to the steady-state current draw of the resistors.

PCB LAYOUT GUIDELINES

Due to the rather low switching frequency of the resonant converter and the low power levels involved, PCB layout is not as critical as with many other DC/DC converters. There are however, a number of things to consider.

Due to the very low input voltages the circuit operates from, the connections to V_{IN}, the primary of the transformers and the SW, V_{IN} and GND pins of the LTC3109 should be designed to minimize voltage drop from stray resistance, and able to carry currents as high as 500mA. Any small voltage drop in the primary winding conduction path will lower efficiency and increase start-up voltage and capacitor charge time.

Also, due to the low charge currents available at the outputs of the LTC3109, any sources of leakage current on the output voltage pins must be minimized. An example board layout is shown in Figure 4.

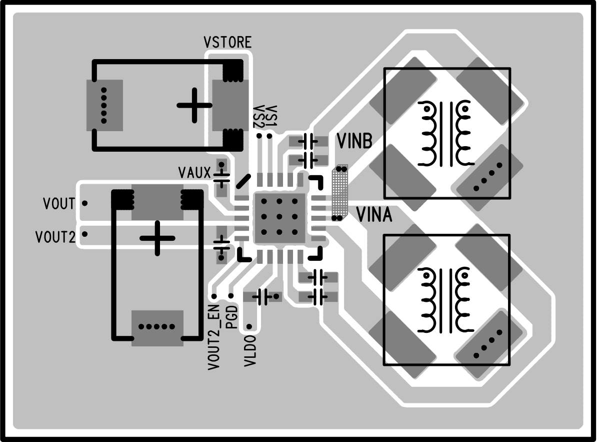


Figure 4. Example Component Placement for 2-Layer PC Board (QFN Package). Note That VSTORE and VOUT Capacitor Sizes are Application Dependent

{anexos § LTC3109}

B102

APPLICATIONS INFORMATION

DESIGN EXAMPLE 1

This design example will explain how to calculate the necessary reservoir capacitor value for V_{OUT} in pulsed-load applications, such as a wireless sensor/transmitter. In these types of applications, the load is very small for a majority of the time (while the circuitry is in a low power sleep state), with pulses of load current occurring periodically during a transmit burst.

The reservoir capacitor on V_{OUT} supports the load during the transmit pulse; the long sleep time between pulses allows the LTC3109 to accumulate energy and recharge the capacitor (either from the input voltage source or the storage capacitor). A method for calculating the maximum rate at which the load pulses can occur for a given output current from the LTC3109 will also be shown.

In this example, V_{OUT} is set to 3.3V, and the maximum allowed voltage droop during a transmit pulse is 10%, or 0.33V. The duration of a transmit pulse is 5ms, with a total average current requirement of 20mA during the pulse. Given these factors, the minimum required capacitance on V_{OUT} is:

$$C_{OUT}(\mu F) \geq \frac{20mA \bullet 5ms}{0.33V} = 303\mu F$$

Note that this equation neglects the effect of capacitor ESR on output voltage droop. For ceramic capacitors and low ESR tantalum capacitors, the ESR will have a negligible effect at these load currents. However, beware of the voltage coefficient of ceramic capacitors, especially those in small case sizes. This greatly reduces the effective capacitance when a DC bias is applied.

A standard value of 330µF could be used for C_{OUT} in this case. Note that the load current is the total current draw on V_{OUT}, V_{OUT2} and VLDO, since the current for all of these outputs must come from V_{OUT} during a pulse. Current contribution from the capacitor on VSTORE is not considered, since it may not be able to recharge between pulses. Also, it is assumed that the harvested charge current from the LTC3109 is negligible compared to the magnitude of the load current during the pulse.

To calculate the maximum rate at which load pulses can occur, you must know how much charge current is available from the LTC3109 V_{OUT} pin given the input voltage source being used. This number is best found empirically, since there are many factors affecting the efficiency of the converter. You must also know what the total load current is on V_{OUT} during the sleep state (between pulses). Note that this must include any losses, such as storage capacitor leakage.

Let's assume that the charge current available from the LTC3109 is 150µA and the total current draw on V_{OUT} and VLDO in the sleep state is 17µA, including capacitor leakage. We'll also use the value of 330µF for the V_{OUT} capacitor. The maximum transmit rate (neglecting the duration of the transmit pulse, which is very short compared to the period) is then given by:

$$T = \frac{330\mu F \bullet 0.33V}{150\mu A - 17\mu A} = 0.82 sec \text{ or } f_{MAX} = 1.2Hz$$

Therefore, in this application example, the circuit can support a 5ms transmit pulse of 20mA every 0.82 seconds.

It can be seen that for systems that only need to transmit every few seconds (or minutes or hours), the average charge current required is extremely small, as long as the sleep or standby current is low. Even if the available charge current in the example above was only 21µA, if the sleep current was only 5µA, it could still transmit a pulse every seven seconds.

The following formula will allow you to calculate the time it will take to charge the LDO output capacitor and the V_{OUT} capacitor the first time, from zero volts. Here again, the charge current available from the LTC3109 must be known. For this calculation, it is assumed that the LDO output capacitor is 2.2µF:

$$t_{LDO} = \frac{2.2V \bullet 2.2\mu F}{I_{CHG} - I_{LDO}}$$

If there was 150µA of charge current available and a 5µA load on the LDO (when the processor is sleeping), the time for the LDO to reach regulation would be only 33ms.

APPLICATIONS INFORMATION

The time for V_{OUT} to charge and reach regulation can be calculated by the formula below, which assumes V_{OUT} is programmed to 3.3V and C_{OUT} is 330µF:

$$t_{VOUT} = \frac{3.3V \cdot 330\mu F}{I_{CHG} - I_{VOUT} - I_{LDO}} + t_{LDO}$$

With 150µA of charge current available and 5µA of load on both V_{OUT} and VLDO, the time for V_{OUT} to reach regulation after the initial application of power would be 7.81 seconds.

DESIGN EXAMPLE 2

In most pulsed-load applications, the duration, magnitude and frequency of the load current pulses are known and fixed. In these cases, the average charge current required from the LTC3109 to support the average load must be calculated, which can be easily done by the following:

$$I_{CHG} \geq I_Q + \frac{I_{PULSE} \cdot t_{PULSE}}{T}$$

where I_Q is the sleep current supplied by V_{OUT} and V_{LDO} to the external circuitry in-between load pulses, including output capacitor leakage, I_{PULSE} is the total load current during the pulse, t_{PULSE} is the duration of the load pulse and T is the pulse period (essentially the time between load pulses).

In this example, I_Q is 5µA, I_{PULSE} is 100mA, t_{PULSE} is 5ms and T is one hour. The average charge current required from the LTC3109 would be:

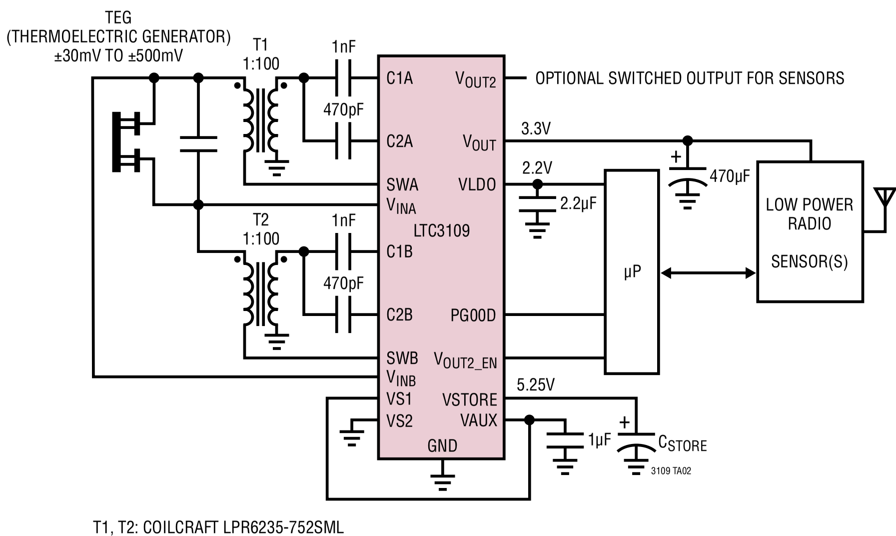
$$I_{CHG} \geq 5\mu A + \frac{100mA \cdot 0.005 sec}{3600 sec} = 5.14\mu A$$

Therefore, if the LTC3109 has an input voltage that allows it to supply a charge current greater than just 5.14µA, the application can support 100mA pulses lasting 5ms every hour. It can be seen that the sleep current of 5µA is the dominant factor in this example, because the transmit duty cycle is so small (0.00014%). Note that for a V_{OUT} of 3.3V, the average power required by this application is only 17µW (not including converter losses).

Keep in mind that the charge current available from the LTC3109 has no effect on the sizing of the V_{OUT} capacitor, and the V_{OUT} capacitor has no effect on the maximum allowed pulse rate.

TYPICAL APPLICATIONS

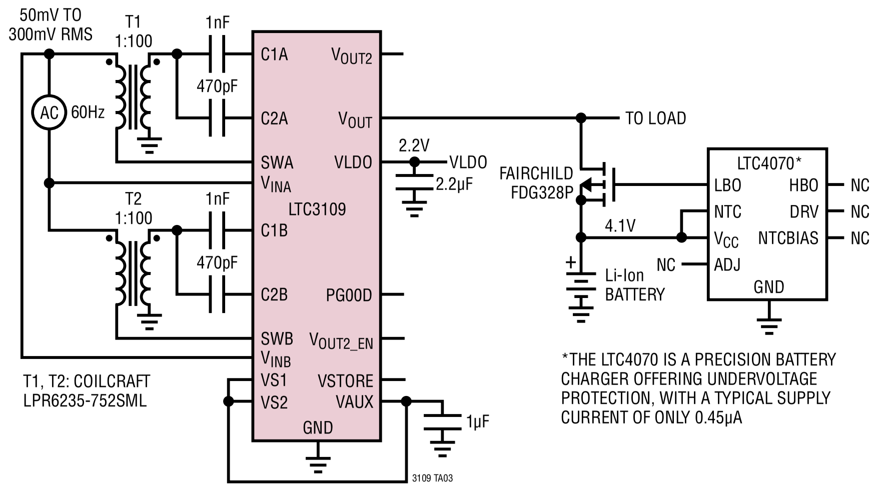
Energy Harvester Operates from Small Temperature Differentials of Either Polarity



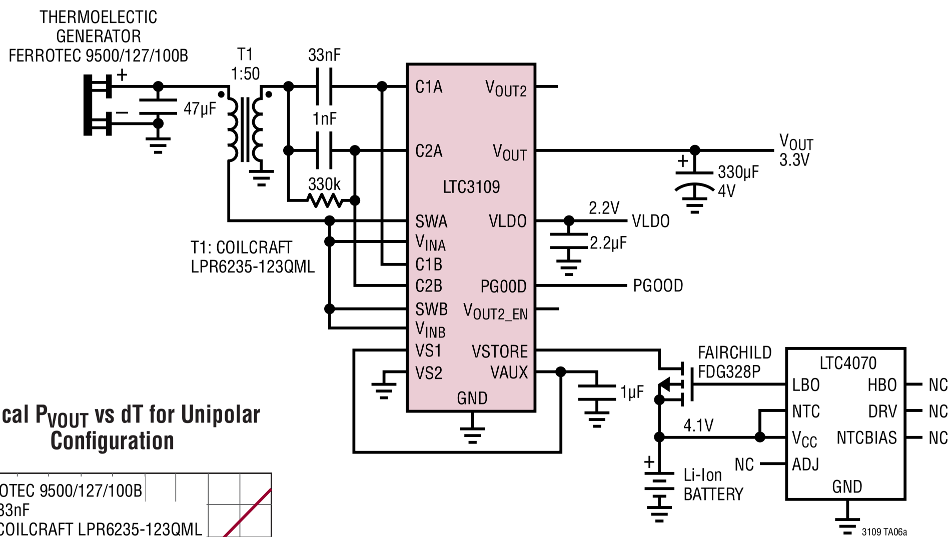
T1, T2: COILCRAFT LPR6235-752SML

TYPICAL APPLICATIONS

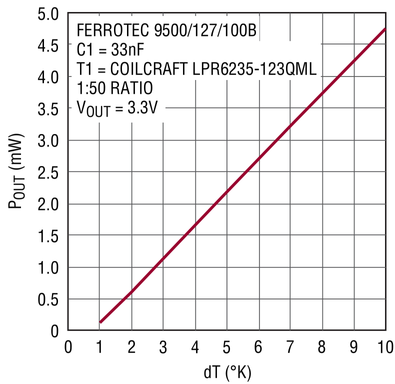
Li-Ion Battery Charger and LDO Operates from a Low Level AC Input



Unipolar Energy Harvester Charges Battery Backup



Typical P_{VOUT} vs dT for Unipolar Configuration



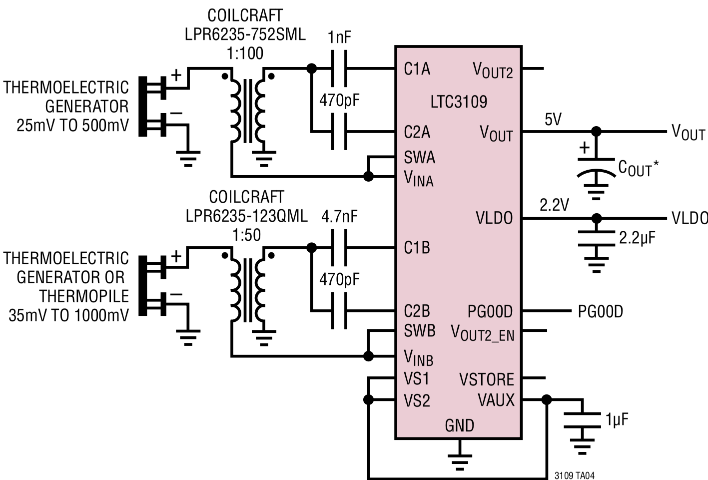
LINEAR TECHNOLOGY

{anexos § LTC3109}

B106

TYPICAL APPLICATIONS

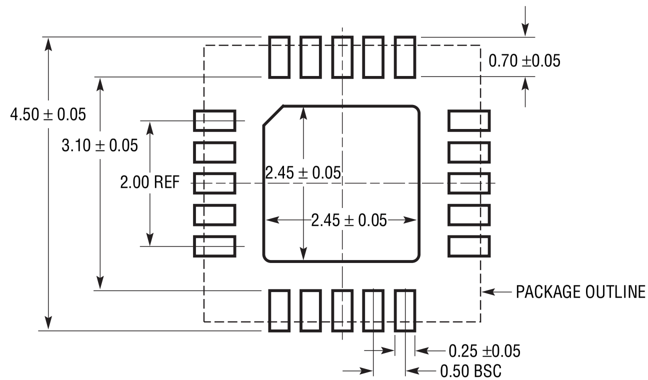
Dual-Input Energy Harvester Generates 5V and 2.2V from Either or Both TEGs, Operating at Different Temperatures of Fixed Polarity

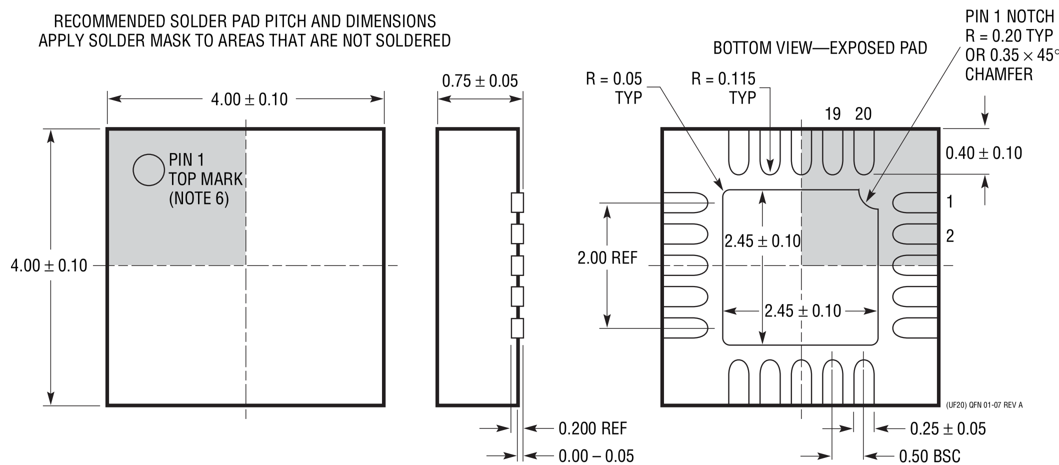


*THE VALUE OF THE C_{OUT} CAPACITOR IS DETEMINED BY THE LOAD CHARACTERISTICS

PACKAGE DESCRIPTION

UF Package
20-Lead Plastic QFN (4mm × 4mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1710 Rev A)

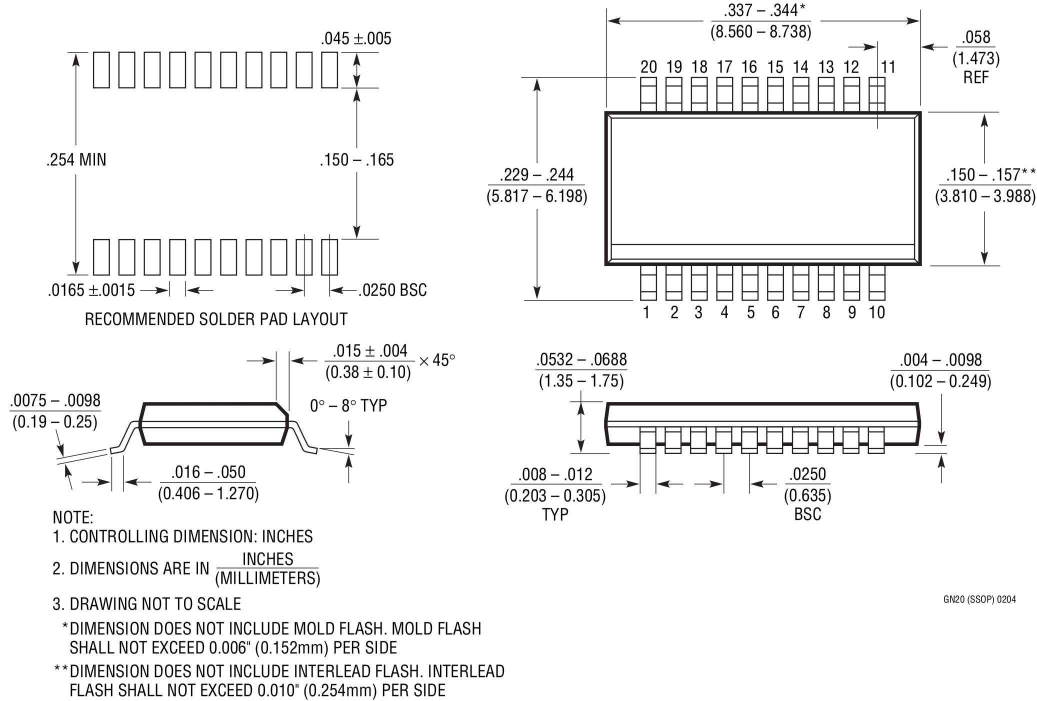




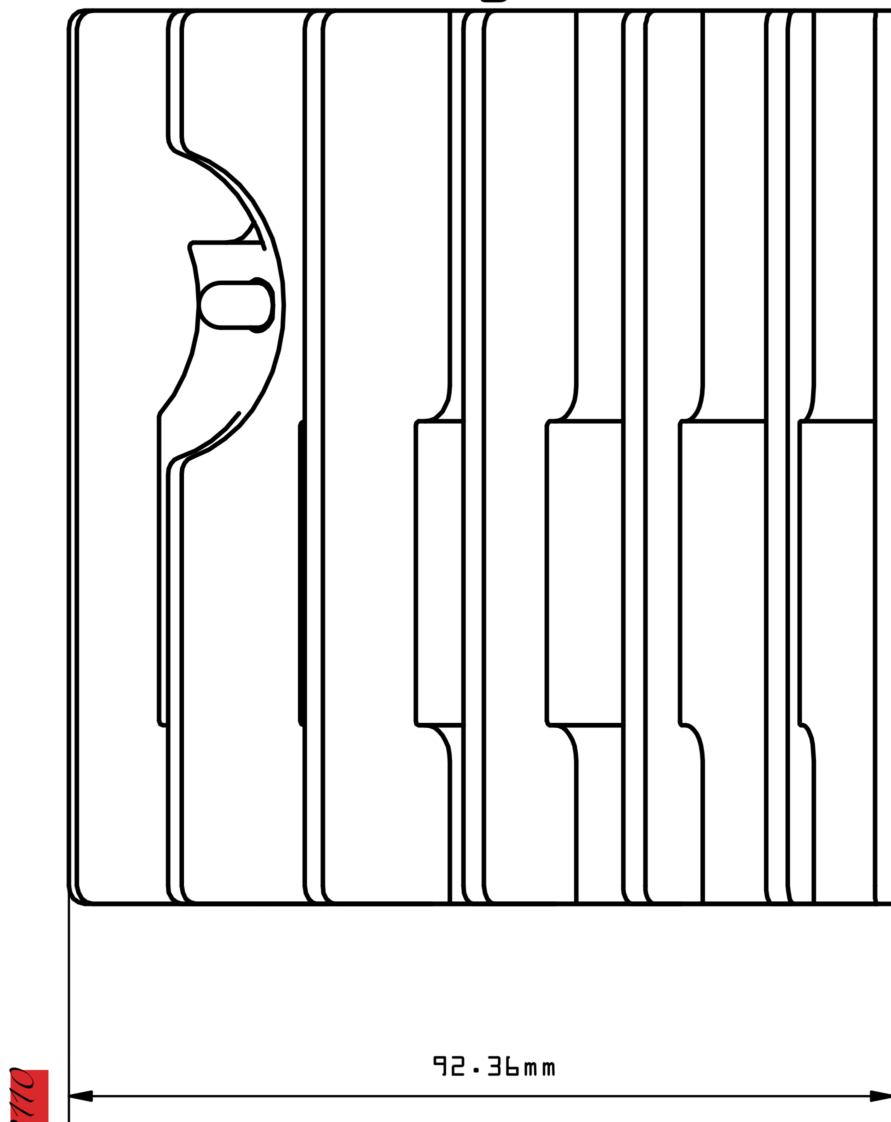
NOTE:
1. DRAWING IS PROPOSED TO BE MADE A JEDEC PACKAGE OUTLINE MO-220 VARIATION (WGGD-1)—TO BE APPROVED
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

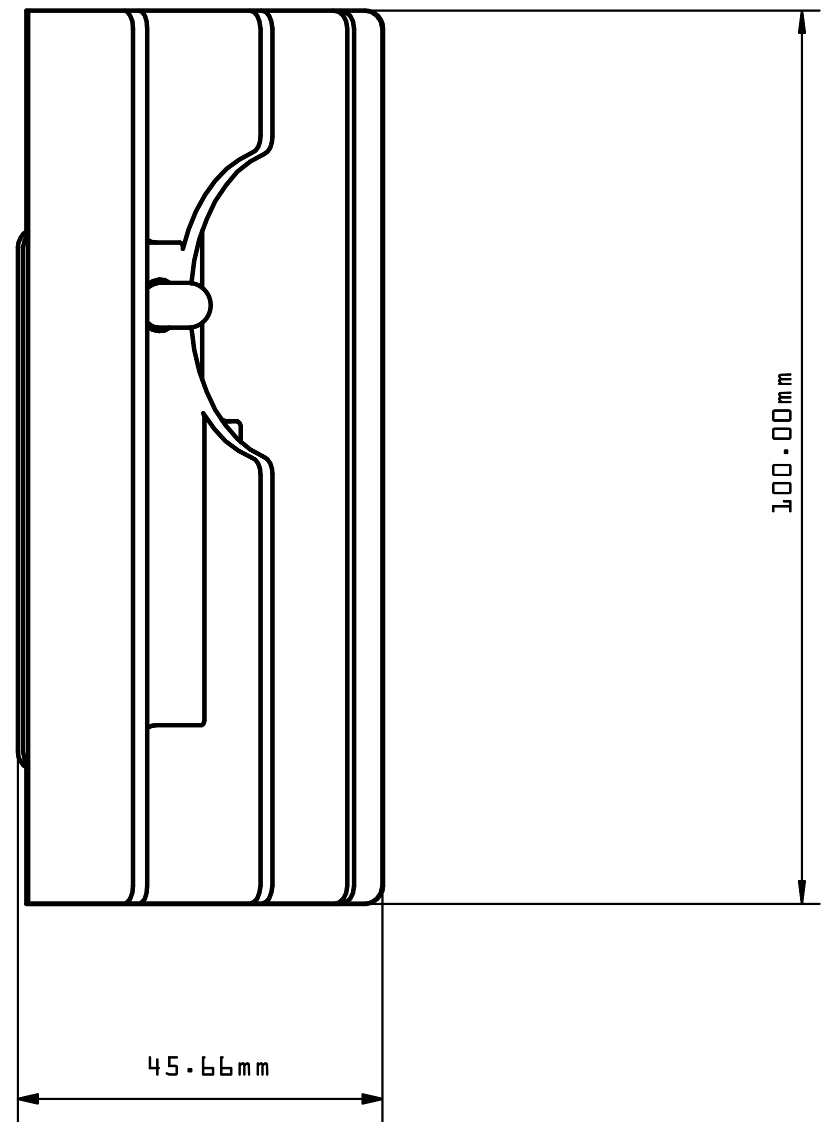
PACKAGE DESCRIPTION

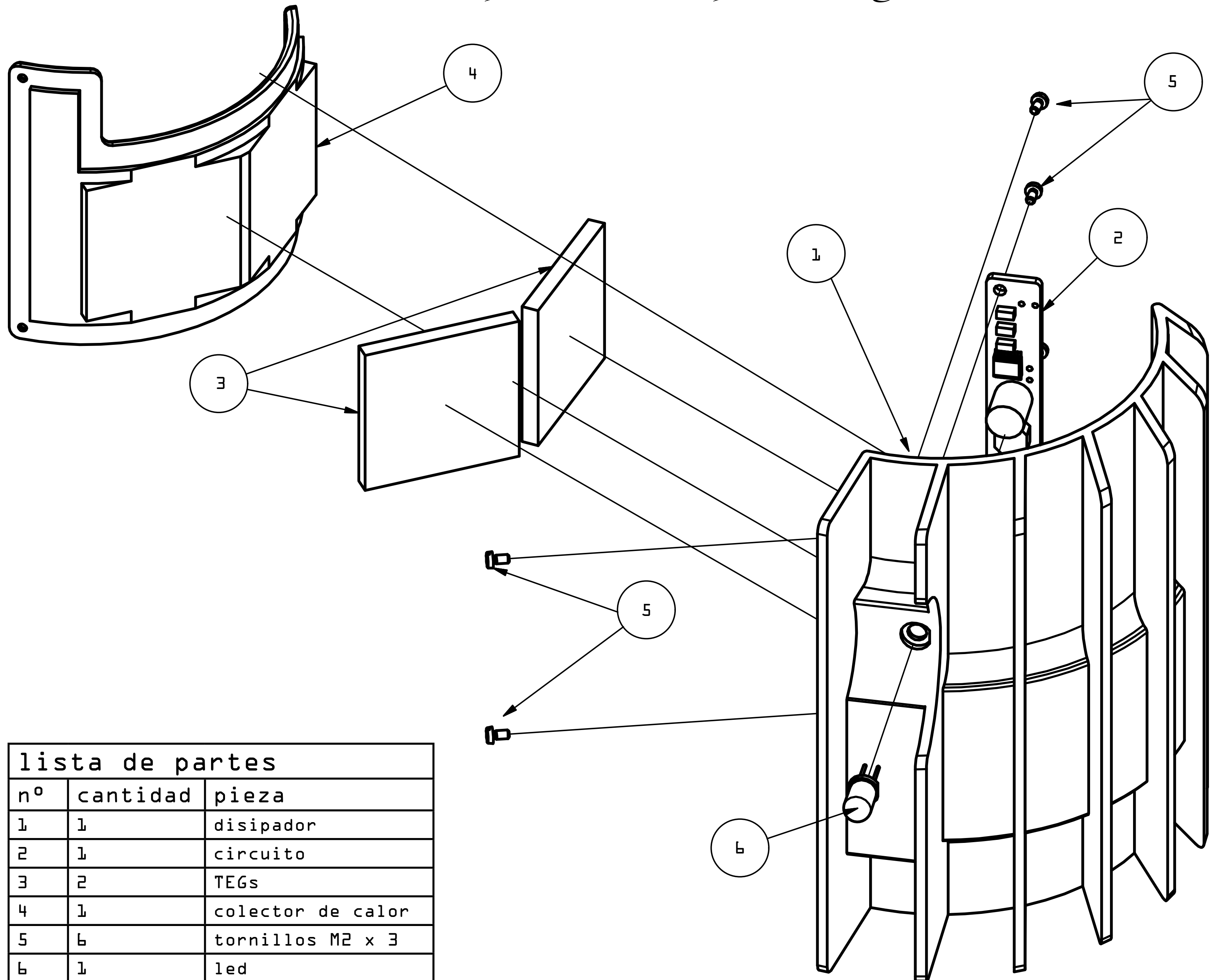
GN Package
20-Lead Plastic SSOP (Narrow .150 Inch)
(Reference LTC DWG # 05-08-1641)



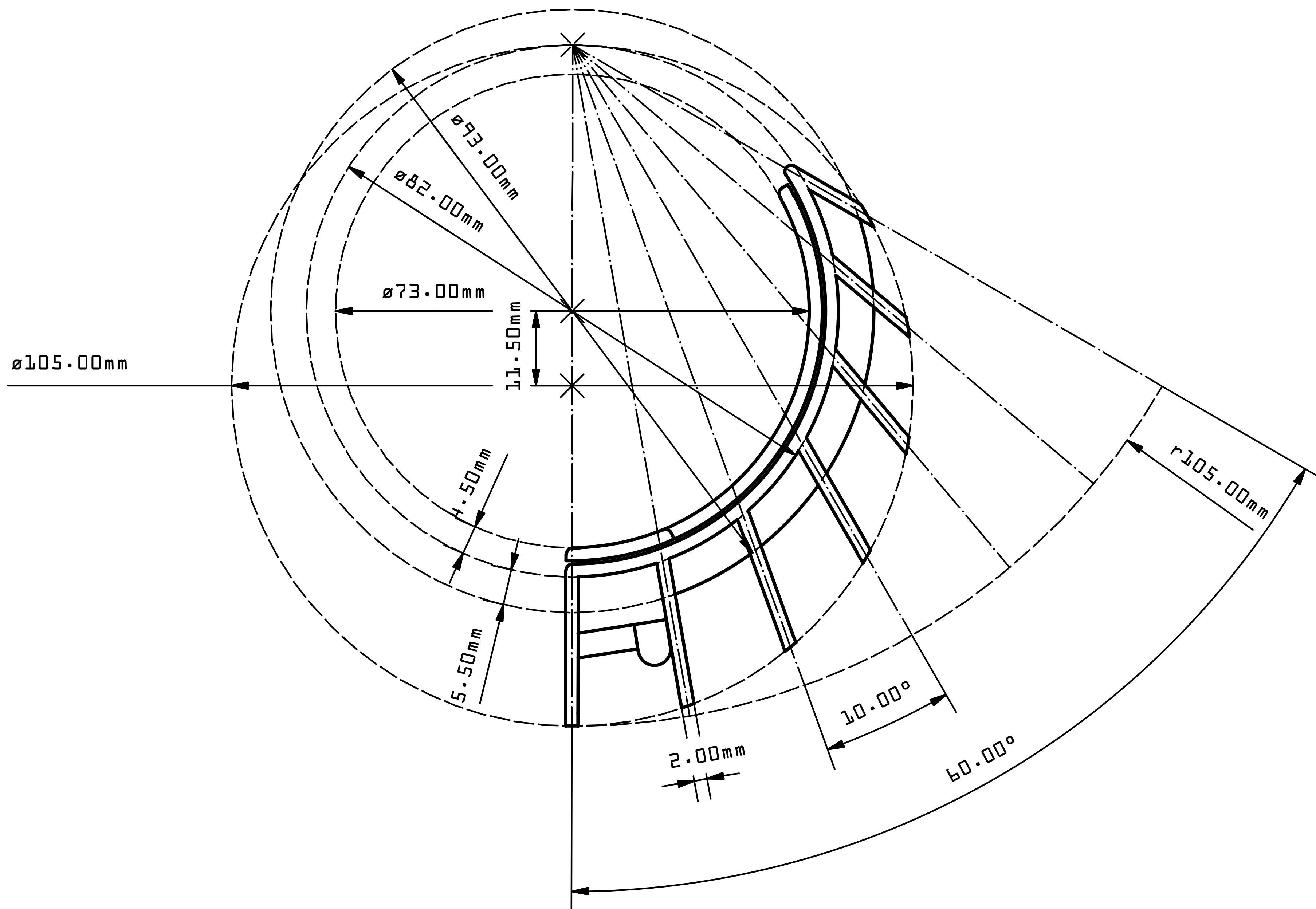
planimetrías lámpara de emergencia







lista de partes		
nº	cantidad	pieza
1	1	disipador
2	1	circuito
3	2	TEGs
4	1	colector de calor
5	6	tornillos M2 x 3
6	1	led


ø93.00mm
ø82.00mm
ø73.00mm
ø105.00mm
11.50mm
4.50mm
5.50mm
2.00mm
10.00°
60.00°
r105.00mm

